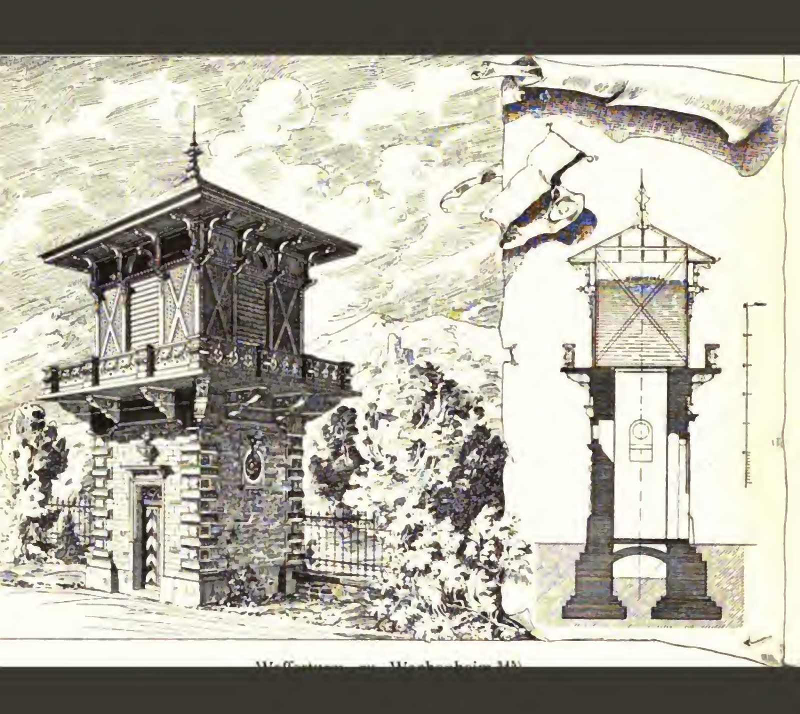
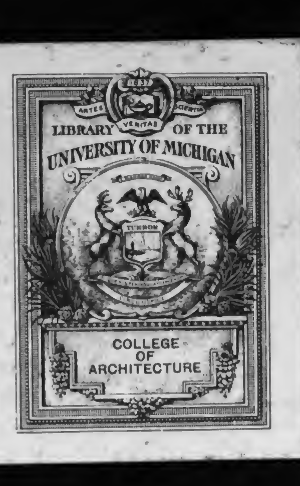
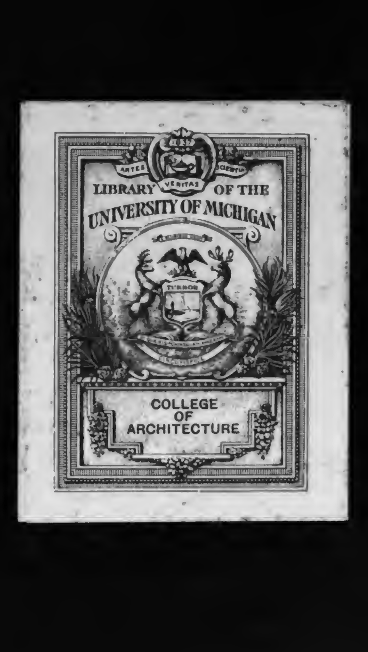


Anlagen zur Versorgung der Gebäude mit Licht und Luft

Eduard Schmitt






ARTES
VERITAS
SCIENTIA
LIBRARY OF THE
UNIVERSITY OF MICHIGAN
TUEBOR
COLLEGE
OF
ARCHITECTURE



Gesamtanordnung und Gliederung des »Handbuches der Architektur« (zugleich Verzeichnis der bereits erschienenen Bände, bezw. Hefte) sind am Schlusse des vorliegenden Bandes zu finden.

Jeder Band, bezw. Halbband und jedes Heft des »Handbuches der Architektur« bildet ein Ganzes für sich und ist einzeln käuflich.

HANDBUCH

DER

ARCHITEKTUR.

Dritter Teil

DIE HOCHBAUKONSTRUKTIONEN.

4. Band:

Verforgung der Gebäude mit Sonnenlicht und Sonnenwärme.

Künftliche Beleuchtung der Räume.

Heizung und Lüftung der Räume.

Wafferverforgung der Gebäude.

DRITTE AUFLAGE.

ALFRED KRÖNER VERLAG IN LEIPZIG.
1908.

DIE
HOCHBAUKONSTRUKTIONEN.

DES

HANDBUCHES DER ARCHITEKTUR

DRITTER TEIL.

---

4. Band:

Anlagen zur Verforgung der Gebäude mit Licht und Luft, Wärme und Waffer.

Verforgung der Gebäude mit Sonnenlicht und Sonnenwärme.

Künftliche Beleuchtung der Räume.

Heizung und Lüftung der Räume.

Wafferverforgung der Gebäude.

Von

Dr. **Ferdinand Fifcher,**
Profeffor an der Univerfität in Göttingen,

Dr.-Ing. **Hermann Fifcher** und Dr. **Wilhelm Kohlraufch,**
Geh Regierungsräte und Profefforen an der Technifchen Hochfchule in Hannover,

und

Dr. phil. u. Dr.-Ing. **Eduard Schmitt,**
Geh. Baurat und Profeffor an der Technifchen Hochfchule in Darmftadt

---

DRITTE AUFLAGE.

Mit 490 in den Text eingedruckten Abbildungen, fowie 12 in den Text eingehefteten Tafeln, darunter 10 in Farbendruck.

LEIPZIG
ALFRED KRÖNER VERLAG.
1908.

Redaktion:
Geheimer Baurat Profeffor Dr. phil. und Dr.-Ing. EDUARD SCHMITT
in Darmftadt.

Druck der UNION DEUTSCHE VERLAGSGESELLSCHAFT in Stuttgart.

Handbuch der Architektur.

III. Teil.

Hochbaukonftruktionen.

4. Band.

(Dritte Auflage.)

INHALTSVERZEICHNIS.

Konftruktionen des inneren Ausbaues.

4. Abfchnitt.

Anlagen zur Verforgung der Gebäude mit Licht und Luft, Wärme und Waffer.

Seite

Vorbemerkungen 1

Literatur: Bücher und Zeitfchriften über »Gefundheitstechnik (Bauhygiene)« . 2

A. Verforgung der Gebäude mit Sonnenlicht und Sonnenwärme 4

1. Kap. Verforgung der Gebäude mit Sonnenlicht 4

Literatur über »Verforgung der Gebäude mit Sonnenlicht« 22

2. Kap. Verforgung der Gebäude mit Sonnenwärme 23

Literatur über »Verforgung der Gebäude mit Sonnenwärme« 29

B. Künftliche Beleuchtung der Räume 30

3. Kap. Künftliche Beleuchtung im allgemeinen 30

Literatur: Bücher und Zeitfchriften über »Künftliche Beleuchtung im allgemeinen« 37

4. Kap. Gasbeleuchtung 37

a) Gaserzeugung und Lichtmenge 37

b) Lichtquellen, Gasleitungen und Druckregler 45

c) Flammengruppen 57

Literatur: Bücher und Zeitfchriften über »Gasbeleuchtung« 59

5. Kap. Elektrifche Beleuchtung 60

Literatur: Bücher und Zeitfchriften über »Elektrifche Beleuchtung« . . . 93

6. Kap. Indirekte Beleuchtung 96

a) Allgemeines 96

b) Einfall des zerftreuten Lichtes von oben 103

1) Lichtzerftreuung mittels reflektierender Raumdecke 103

2) Lichtzerftreuung mittels befonderer Reflektoren 111

c) Einfall des zerftreuten Lichtes von der Seite her 115

Literatur über »Indirekte Beleuchtung« 116

Seite
C. Heizung und Lüftung der Räume 117
Literatur: Bücher über »Heizung und Lüftung im allgemeinen« 119
7. Kap. Zu- und abzuführende Wärmemenge 122
a) Wärmemenge, welche infolge der Benutzung der Räume frei wird 122
b) Wärmeüberführung durch feste Wände (Wärmetransmission) 122
Tabelle über Wärmemengen, welche durch eine 1 m dicke Schicht verschiedener Stoffe übergeleitet werden 125
c) Wärmeverlust durch den Luftwechsel 134
d) Wärmeaufspeicherung in Wänden und anderen Körpern 136
e) Durchschnittliche Zahlenwerte zur Berechnung des Wärmeaustausches durch Wände, Decken u. s. w. 143
1) Wertziffern für die Wärmeüberführung lotrechter Wände 143
2) Wertziffern für die Wärmeüberführung von Decken und Deckenlichtern 144
3) Gebräuchliche Temperaturen 144
4) Zuschläge zu den Temperaturunterschieden, wenn die Räume erwärmt werden sollen 144
5) Einige andere Werte von k 144
8. Kap. Luftverunreinigung 145
a) Quellen der Luftverunreinigung 145
b) Messen der Luftbeimischungen 148
Literatur über »Luftverunreinigung« und »Messen der Luftbeimischungen« . 150
c) Unschädlichmachen der Luftverunreinigungen 151
1) Abführung der schädlichen Gase, der Dämpfe und des Staubes, bevor sie der zu atmenden Luft sich beimischen 151
2) Unschädlichmachen der Luftverunreinigungen durch Verdünnen . . . 152
α) Erforderliche Verdünnung 152
Tabelle über das Gewicht des in 1 cbm gesättigter Luft enthaltenen Wasserdampfes 154
β) Gröfse des Luftwechsels 155
Tabelle über die stündlich erforderlichen Zuluftmengen 158
γ) Einflufs der Lüftung auf den Feuchtigkeitsgehalt der Luft . . 159
δ) Mittel zum Befeuchten der Luft 160
ε) Mittel zum Trocknen der Luft 164
3) Entstauben der Luft 164
d) Verfahren des Zuführens frischer und des Abführens verunreinigter Luft . . 169
1) Zufällige Lüftung 171
2) Künstliche Lüftung 174
3) Entnahmestellen für die frische Zuluft 180
9. Kap. Bewegung der Flüssigkeiten in Rohrleitungen und Kanälen 181
a) Widerstände der Bewegung 181
b) Einflufs der Verschiedenheit der Gewichte geleiteter Flüssigkeiten 184
c) Einflufs der Wärmeleitung der Kanal-, bezw. Rohrwände 185
Tabellen zur Berechnung von Dampfleitungen 189
d) Mittel zum Bewegen der Flüssigkeiten 192
1) Bewegen der Flüssigkeiten durch Auftrieb 193
2) Bewegen der Luft durch den Wind 197
Literatur über »Saug- und Blasköpfe« 202
3) Strahlvorrichtungen oder Strahler 203
4) Bewegen durch feste Flächen 204
e) Messen der Geschwindigkeit bewegter Flüssigkeiten 205
1) Uebertragen der Geschwindigkeit auf die Flügel eines sich drehenden Rades 206
2) Messen des Druckes, welchen der Stofs der bewegten Flüssigkeit auf eine ruhende Fläche ausübt 207
3) Messen des durch eine Leitung strömenden Flüssigkeitsraumes . . . 208
Literatur über »Luftgeschwindigkeitsmesser« 209

Seite

10. Kap. Kanäle für Luft und Rauch (Luftkanäle, Rauchkanäle, Lock- und Rauchschornsteine) . . . 209
a) Abmessungen . . . 209
Tabelle zur Berechnung der Luftkanäle . . . 213
b) Lage und Längenprofil . . . 232
c) Konstruktion . . . 236
Literatur über »Schornsteine« . . . 243
d) Sicherungen gegen atmosphärische Einflüsse, gegen Staub, Ungeziefer u. s. w.; Schornsteinaufsätze und sonstige Einrichtungen . . . 244
e) Schieber, Klappen u. s. w. . . . 253
11. Kap. Rohrleitungen für Wasser und Dampf . . . 261
a) Abmessungen . . . 261
Tabelle über vom Wasserdampf gelieferte Wärmemengen . . . 262
b) Lage und Längenprofil . . . 273
c) Konstruktion und Einrichtung des Rohrwerkes . . . 286
d) Schieber, Hähne, Ventile u. s. w. . . . 299
12. Kap. Erwärmen der Luft . . . 303
a) Brennstoffe . . . 303
Tabelle über Zusammensetzung, Wärme- und Rauchentwickelung u. s. w. der Brennstoffe . . . 305
b) Feuerstellen . . . 307
Tabelle mit Maßangaben für Feuerstellen . . . 312
c) Wärmeabgabe der Feuergase an die Luft . . . 316
1) Wärmeabgabe ohne Zwischenmittel (Kamine) . . . 317
2) Vermittelung durch eine feste Wand. (Oefen für Einzel- und Sammelheizungen; Kanal- und Feuerluftheizung) . . . 317
Literatur: Bücher über »Oefen für Einzelheizungen« . . . 332
Literatur über »Feuerluftheizung« . . . 332
3) Vermittelung durch feste Wände und Wasser oder durch Dampf. (Wasser- und Dampfheizung) . . . 334
Literatur über »Wasserheizung und Wasserluftheizung« . . . 356
Literatur über »Dampf-, Dampfwasser- und Dampfluftheizung« . . . 358
13. Kap. Abkühlen der Luft . . . 359
a) Mittel zum Abkühlen . . . 359
b) Verwendung der Mittel . . . 362
Literatur über »Abkühlen der Luft« . . . 364
14. Kap. Regelung der Wärme-Zufuhr, bezw. -Abfuhr . . . 364
a) Mittel zur Regelung . . . 364
b) Erkennen der Zustände . . . 380
c) Ausführen der Regelung . . . 383
15. Kap. Heizungs- und Lüftungsanlagen . . . 385
a) Lüftungsanlagen . . . 385
b) Heizungsanlagen . . . 388
Literatur über »Heizungs- und Lüftungsanlagen« . . . 393
c) Beispiele bewährter Heizungs- und Lüftungsanlagen . . . 395
1) Feuerluftheizung mit Umlauf der St. Johanniskirche zu Hannover . . . 395
2) Feuerluftheizung mit Sauglüftung der medizinischen Klinik zu Bonn . . . 395
3) Feuerluftheizung mit Drucklüftung und Warmwasserheizung mit Sauglüftung im Arbeiter-Kost- und Logierhaus des Bochumer Vereins für Bergbau und Gussstahlfabrikation . . . 397
4) Heisswasser-Luftheizung des Hauses *Kahn* zu Mannheim . . . 398
5) Dampfluftheizung mit Druck- und Sauglüftung der Kinderheilanstalt zu Dresden . . . 399
6) Dampfluftheizung mit Drucklüftung der Allen-Schule zu Akron (Vereinigte Staaten) . . . 399
7) Dampfluftheizung, gepaart mit örtlicher Dampfheizung, der Volksschule zu Hannover-Hainholz . . . 400

Seite

D. Wafferverforgung der Gebäude 401

Literatur über »Hauswafferleitungen im allgemeinen« 403

16. Kap. Wafferbefchaffung 405

17. Kap. Zuleitung und Verteilung des Waffers 427

a) Zuleitung des Waffers 427

b) Verteilung des Waffers 433

1) Anfchlufsleitung 433

2) Wafferbehälter 440

3) Hausrohrnetz 447

Gefamtanlagen. — Vier Beifpiele 457

18. Kap. Einzelbeftandteile der Wafferleitungen 459

19. Kap. Warmwafferleitungen 481

Verforgung einer Villa mit kaltem und warmem Waffer 484

Literatur über »Warmwafferleitungen« 486

Verzeichnis

der in den Text eingehefteten Tafeln.

Zu Seite 138 u. 139: Chemifches Inftitut der Technifchen Hochfchule zu Aachen. Schaulinien über die Wärmeüberführung durch Umfaffungsmauern.

» » 394: Heizungs- und Lüftungsanlage der St. Johanniskirche zu Hannover.

» » 395: Heizungs- und Lüftungsanlage der medizinischen Klinik zu Bonn.

» » 396 u. 397: Heizungs- und Lüftungsanlage des Arbeiter-Koft- und Logierhaufes des Bochumer Vereins für Bergbau und Gufsftahlfabrikation.

» » 398: Heizungs- und Lüftungsanlage des Haufes *Kahn* in Mannheim.

» » 399: Heizungs- und Lüftungsanlage der Kinderheilanftalt in Dresden.

» » 400: Heizungs- und Lüftungsanlage der Allen-Schule zu Akron, O. (Vereinigte Staaten.)

» » 401: Heizungs- und Lüftungsanlage der Volksfchule zu Hannover-Hainholz.

» » 458: Wafferverforgung eines Miethaufes.

» » 485: Verforgung einer Villa mit kaltem und warmem Waffer.

4. Abfchnitt.

Anlagen zur Verforgung der Gebäude mit Licht und Luft, Wärme und Waffer.

1. Vorbemerkungen.

Die »Anlagen zur Verforgung der Gebäude mit Licht und Luft, Wärme und Waffer«, fowie die im folgenden Abfchnitte zu behandelnden »Entwäfferungs- und Reinigungsanlagen« haben aufser den rein technifchen Zwecken des »inneren Ausbaues« auch in hervorragender Weife gefundheitlichen (fanitären, bezw. hygienifchen) Zwecken zu genügen. Sie bilden dementfprechend einen wefentlichen Beftandteil der fog. Gefundheitstechnik (Bauhygiene, bauliche Gefundheitslehre), und diefe fteht wieder mit der Hygiene oder Gefundheitspflege — der privaten, wie der öffentlichen — in innigem Zufammenhange.

Es wurde bereits im Vorwort (Grundfätze für die Konftruktion) zu Teil III diefes »Handbuches« (Band I) darauf hingewiefen, dafs unfere Hochbauten auch ftets den gefundheitlichen Anforderungen zu entfprechen haben. Das Beobachten und Einhalten hygienifcher Grundfätze tritt indes bei den fog. gefundheitstechnifchen Anlagen am mafsgebendften auf. »Zur Einführung« fagte *Reclam* im Vorwort zu feiner Zeitfchrift »Gefundheit«[1]) über das Zufammengehen des Arztes und des Baumeifters bei den in Rede ftehenden baulichen Anlagen: ». . . Die Aerzte allein »vermögen die Urfachen des Erkrankens in den einwirkenden Schädlichkeiten auf»zufinden und die Hilfsmittel zu bezeichnen. Den ausführenden Technikern erwächft »die Pflicht, die von ärztlicher Seite geftellten Aufgaben zu löfen; freilich müffen »fie diefelben wie die Schädlichkeiten erft kennen lernen, wie auch die Aerzte »zuvor von der Leiftungsfähigkeit der Techniker Kenntnis erlangen müffen . . .«

Diefem Ausfpruche kann völlig beigetreten werden, fobald aus der zuletzt gedachten »Kenntnis der Leiftungsfähigkeit der Techniker«, die fich ja naturgemäfs immer nur auf einige Elemente des bautechnifchen Wiffens beziehen kann und wird, nicht etwa die Befähigung abgeleitet wird, über das Ganze der technifchen Ausführung und ihre konftruktiven Einzelheiten in entfcheidender Weife aburteilen zu können, und fobald man die »Pflicht, die von ärztlicher Seite geftellten Aufgaben zu löfen«, nur dahin auffafst, dafs der Architekt in jedem vorliegenden Falle die ihm von hygienifch-ärztlicher Seite geftellte Aufgabe fo weit zu löfen beftrebt fein mufs, als die jeweiligen Verhältniffe und die verfügbaren Mittel dies geftatten, und foweit es fich mit den baulichen Anforderungen vereinbaren läfst.

[1]) Zeitfchrift für körperliches und geiftiges Wohl. Elberfeld.

Die ärztlichen Hygieniker übernehmen bei allen geſundheitstechniſchen Anlagen die Rolle des Bauherrn; ihnen kommt es zu, das »Bauprogramm« zu entwerfen; Sache des betreffenden Architekten iſt es dagegen, die im Programm geſtellte Aufgabe »techniſch« zu löſen. Allein ebenſo, wie in anderen Fällen das Bauprogramm durch die »künſtleriſchen« und »techniſchen« Erwägungen des mit der Herſtellung des Bauentwurfes beauftragten Baumeiſters, durch die Bedenken, die er vom äſthetiſchen und vom konſtruktiven Standpunkte aus gegen den Umfang und die Löſung der ihm geſtellten Aufgabe geltend macht, ſowie durch die ihm zur Seite ſtehenden eigenen und fremden Erfahrungen nicht ſelten Abänderungen erfährt, ſo wird und kann es auch niemals als »Pflicht« des Baumeiſters angeſehen werden, die vom Arzt, bezw. Chemiker geſtellte Aufgabe ohne weiteres »techniſch« zu löſen. Vielmehr wird es in nicht ſeltenen Fällen, mit Rückſicht auf die obwaltenden Verhältniſſe und die zu Gebote ſtehenden Mittel, ſeine »Pflicht« ſein, auf die Abänderung, bezw. die Herabminderung der geſtellten Anforderungen hinzuweiſen; der Architekt wird demnach in gewiſſem Sinne in das Gebiet des Hygienikers hinüberzugreiſen haben. Ebenſo kann auch der letztere veranlaſst werden, beim Entwerfen des techniſchen Entwurfes beratend mitzuwirken, durch geſundheitliche Bedenken ſeine Abänderung hervorzurufen und bei der Wahl zwiſchen Alternativentwürfen entſcheidend mitzuwirken.

Deshalb iſt es, wie *Reclam* ganz richtig bemerkt, von Vorteil, wenn dem Hygieniker die Elemente der Bautechnik, wenn dem Baumeiſter die Elemente der Hygiene nicht unbekannt ſind. Gleichzeitig haben wir aber den Architekten davor zu warnen, daſs er — ſobald er ſich die Kenntnis von den Elementen der Hygiene erworben hat — ſich nicht zu weit in das Gebiet des Arztes, des Hygienikers oder des Chemikers hinüberwage, ebenſo wie wir wünſchen müſſen, daſs auch der Hygieniker bei der Ausführung geſundheitstechniſcher Anlagen ſein Urteil nur auf jenes enge Gebiet beſchränke, das ihm ſein »Können« vorſchreibt. Noch iſt es je ausgeblieben, noch wird es je ausbleiben, daſs wenig erſprieſsliche, ja unheilvolle Ergebniſſe zum Vorſchein kommen, ſobald der Arzt in das eigentliche Gebiet des Technikers, ſobald der letztere in das dem Arzte eigentümliche Bereich eingreift[2]).

Literatur.

Bücher und Zeitſchriften über »Geſundheitstechnik (Bauhygiene)«.

BURN, R. S. *Sanitary ſcience as applied to the healthy conſtruction of houſes.* Glasgow u. London 1872. — Neue Aufl. 1882.

KLEYER, A. Geſundheitspflege im Zuſammenhang mit Canalbau und Waſſerverſorgung, nebſt einem Anhang über den Zweck und die Einrichtung der Hausentwäſſerung. Frankfurt a. M. 1875. — Neue Ausg.: Halberſtadt 1882.

BUCHAN, W. P. *Plumbing.* London 1876. — 7. Aufl. 1881—88.

DENTON, B. *Sanitary engineering etc.* London 1877.

HELLYER, S. *The plumber and ſanitary houſes. A practical treatiſe on the principles of internal plumbing work, or the beſt means of effectually excluding noxious gaſes from our houſes.* London 1877. — 6. Aufl. 1900.

Bericht über die Weltausſtellung in Philadelphia 1876. Herausg. von der öſterr. Commiſſion. Heft 17: Heizung, Ventilation und Waſſerleitungen. Wien 1878.

BAYLES, J. C. *Houſe drainage and water-ſervice.* New York 1878.

---

[2]) Vergl. auch: PROKOP, A. Die Stellung des Technikers zur öffentlichen Geſundheitspflege. Zeitſchr. d. öſt. Ing.- u. Arch.-Ver. 1883, S. 29. — HARTMANN, K. Beiträge zur Konſtruktionslehre der Geſundheitstechnik. Geſundh.-Ing. 1886, S. 86, 123.

BANNER, E. G. *Wholeſome houſes: a handbook of domeſtic ſanitation and ventilation.* London 1878. — Neue Aufl. 1882.

SLAGG, CH. *Sanitary work in the ſmaller towns and villages.* London 1879. — 2. Aufl. 1883.

PHILBRICK, E. S. *American ſanitary engineering.* New York 1881.

DENTON, B. *A handbook of houſe ſanitation for the uſe of all perſons ſeeking a healthy houſe.* London 1882.

PUTZEYS, F. *L'hygiène dans la conſtruction des habitations privées.* Brüſſel 1882.

Standard practical plumbing. London 1885. — 2. Aufl. 1889.

WAZON, A. *Principes techniques d'aſſainiſſement des villes & habitations etc.* Paris 1884.

Ferner:

Journal für Gasbeleuchtung und verwandte Beleuchtungsarten ſowie für Waſſerverſorgung. Herausg. v. H. BUNTE. München. Erſcheint ſeit 1858.

The Plumber and Sanitary Engineer. New York. Erſcheint ſeit 1878.

Der Rohrleger. Herausg. v. G. STUMPF. Berlin 1878—79.

Der Rohrleger und Geſundheits-Ingenieur. Herausg. v. G. STUMPF. Berlin 1880.

Der Geſundheits-Ingenieur. Zeitſchrift für die geſamte Städtehygiene. (Neue Folge des Rohrleger.) Herausg. von v. BÖHMER, DUNBAR, HARDER, PROSKAUER u. K. SCHMIDT. Berlin. Erſcheint ſeit 1880.

La technologie ſanitaire. Löwen 1896—1905.

La technique ſanitaire. Herausg. von V. v. LINT. Paris. Erſcheint ſeit 1906.

L'ingegneria ſanitaria. Turin. Erſcheint ſeit 1890.

A. Verforgung der Gebäude mit Sonnenlicht und Sonnenwärme.

Von Dr. phil. u. Dr.-Ing. EDUARD SCHMITT.

Die Verforgung der Gebäude mit Sonnenlicht und Sonnenwärme ift in gefundheitlicher Beziehung eine fehr wichtige Frage; ihre Löfung ift aber auch eine fehr fchwierige, weil die verfchiedenen dabei mafsgebenden Intereffen nicht felten einander fchroff gegenüberftehen. In den nachftehenden Unterfuchungen follen Anhaltspunkte dafür gegeben werden, wie den zum Teil widerftreitenden Anforderungen und Einflüffen Rechnung getragen werden kann.

---

1. Kapitel.

Verforgung der Gebäude mit Sonnenlicht.

2. Beleuchtung im allgemeinen.

Die Erhellung der gefchloffenen Räume unferer Gebäude kann in zweifacher Weife gefchehen:

1) durch Sonnen- oder Tageslicht — natürliche Beleuchtung, und

2) durch künftliche Lichtquellen — künftliche Beleuchtung.

Bei Tag ift, wo immer es angeht, wo die örtlichen Verhältniffe es geftatten und wo die Beftimmung des betreffenden Gebäudes nicht das Gegenteil erfordert, die natürliche der künftlichen Beleuchtung vorzuziehen; der wohltätige Einflufs des Sonnenlichtes auf das menfchliche Auge, fowie auf den menfchlichen Organismus überhaupt, auf tierifches und pflanzliches Leben ift fo allgemein anerkannt, dafs über diefe Angelegenheit Zweifel nicht entftehen können. Zu erörtern ift nur die Frage, welches Mindeftmafs der Erhellung erforderlich ift, um jene wohltätige Wirkung zu erzielen — ein Mafs, unter welches nicht gegangen werden darf, wenn das menfchliche Auge nicht Schaden nehmen foll.

3. Erhellungsgrad und Lichteinheit.

Um den Erhellungsgrad eines gefchloffenen Raumes angeben, bezw. die Lichtmenge beftimmen zu können, die irgend ein Flächenelement in diefem Raume unter dem Einflufs einer Lichtquelle befitzt, mufs man ein Vergleichsmafs, eine fog. Lichteinheit, feftftellen. Bei Erhellung durch Sonnenlicht fcheint es nahe zu liegen, die Einheit aus dem Tageslicht felbft abzuleiten; allein man würde hierdurch keinen Feftwert erzielen, weil das Tageslicht je nach der Jahres- und Tageszeit, je nach dem Grade der Bewölkung und je nach verfchiedenen anderen Umftänden, von denen fpäter noch die Rede fein wird, wechfelt. Deshalb wurden andere Einheiten aufgefucht, die fich indes durchweg auf künftliche Lichtquellen beziehen.

Der Erhellungsgrad eines Flächenelements in einem geschlossenen Raume ist aber nicht blofs von der einfallenden Lichtmenge, d. i. von der Zahl der Lichteinheiten, die es von einer Lichtquelle empfängt, abhängig, sondern auch von seinem Abstande von dieser Lichtquelle und von dem Winkel, den der Lichtstrahl mit der beleuchteten Fläche einschliefst, dem sog. Auffallwinkel. Bekanntlich steht der Erhellungsgrad im umgekehrten Verhältnis zum Quadrat jenes Abstandes und im geraden Verhältnis zum Sinus des Auffallwinkels. Bei der natürlichen Beleuchtung der Räume können die Oeffnungen in den Wänden, bezw. in der Decke oder im Dach, durch welche das Himmelslicht einfällt — die sog. Lichtöffnungen oder Lichtfelder — als Lichtquellen angesehen werden.

Die Lichteinheit ist in den einzelnen Ländern verschieden gewählt worden, und diese Frage ist zur Zeit keine abgeschlossene.

In Deutschland hatte der »Deutsche Verein von Gas- und Wasserfachmännern« früher als Einheit der Lichtstärke eine Paraffinkerze von 20 mm Durchmesser und von genau beschriebener Zusammensetzung des Dochtes empfohlen und sich mit ihrer Herstellung seit 1868 beschäftigt; 12 solcher Kerzen wiegen 1 kg und sollen eine Flammenhöhe von 50 mm geben.

In Frankreich dient als Einheit das Licht einer *Carcel*-(Moderateur) Lampe gröfsten Formats von 20 mm Dochtweite, welche in einer Stunde 42 g gereinigten Colza-Oels (Kohlsaat- oder Rüböls) verbrennt; man nennt dort diese Lichtmenge einfach »*Bec Carcel*« oder auch schlechtweg »*Bec*«.

In England wendet man als Lichteinheit die sog. Parlamentskerze *(Parliamentary Standard Candle)* an, die bei einer Flammenhöhe von 44,5 mm stündlich 120 Grains (= 7,77 g) Spermaceti (Walrat) verbrennt. Sie wird meist »englische Walratkerze« genannt [3]).

Um Vergleiche in den verschiedenen Angaben zu ermöglichen, sei erwähnt, dafs man annähernd rechnete:

1 deutsche Normalkerze = 0,10 *Becs Carcel* = 0,98 Parlamentskerzen,

1 *Bec Carcel* = 9,83 (oder rund 10) Vereinskerzen = 9,6 Parlamentskerzen und

1 engl. Parlamentskerze = 1,02 Vereinskerzen = 0,104 *Becs Carcel*.

Diese Lichteinheiten haben der Hauptbedingung, welche man an ein Urmafs stellen mufs: dafs es bequem an allen Orten und zu allen Zeiten herzustellen ist — nicht ganz entsprochen; namentlich war ihre Unveränderlichkeit (Konstanz) nicht in genügendem Mafse zu erreichen.

Im Jahre 1878 stellte *Schwendler* die Einheit für Lichtmessungen durch die Wirkung eines ständigen galvanischen Stromes, der ein 0,017 m dickes Platinblech durchfliefst, dar; die Helligkeit, mit der eine solche Platineinheit glüht, ist in hohem Mafse unveränderlich. Da es indes umständlich und schwierig ist, einen konstanten galvanischen Strom zu erzeugen und zu kontrollieren, so hat diese Einheit keinen Eingang in die Praxis gefunden.

Die 1881 stattgehabte erste internationale Elektrizitätsausstellung zu Paris gab Anlafs, sich mit dem fraglichen Gegenstande gleichfalls zu beschäftigen, umsomehr, als man beim elektrischen Bogenlicht bedeutend gröfsere Helligkeitsgrade zu bestimmen hatte wie seither. Indes kam der damals abgehaltene internationale Kongrefs von Elektrikern zu keinem abschliefsenden Ergebnis, und die Bearbeitung der Frage wurde einer internationalen Kommission überwiesen. Von dieser wurde 1884 als »praktische Einheit des weifsen Lichtes die Lichtmenge, welche in normaler Richtung von 1 qcm der Oberfläche von geschmolzenem Platin bei der Erstarrungstemperatur ausgegeben wird«, angenommen. Die *Violle*'sche Platineinheit erwies sich indes später als wenig zuverlässig, indem sich bei sorgfältigen Versuchen Abweichungen bis zu 25 Vomhundert herausstellten.

Hefner-Alteneck schlug als Lichteinheit die Leuchtkraft einer freibrennenden Flamme vor, welche aus dem Querschnitte eines massiven, mit Amylazetat gesättigten Dochtes aufsteigt, der ein kreisrundes Dochtröhrchen aus Neusilber von 8 mm innerem, 8,3 mm äufserem Durchmesser und 25 mm freistehender Länge vollkommen ausfüllt, bei einer Flammenhöhe von 40 mm vom Rande des Dochtröhrchens aus und wenigstens 10 Minuten nach dem Anzünden gemessen. Die Konstanz dieser Lichtquelle ist eine vorzügliche; die 1888er Versammlung des »Deutschen Vereins von Gas-

[3]) Siehe: Neudefinition der englischen Normalkerze. Journ. f. Gasb. u. Waff. 1894, S. 128.

und Wafferfachmännern« hat die Amylazetatlampe »fchon in ihrer jetzigen Geftalt als ein geeignetes Vergleichsmittel für Lichtmeffungen« bezeichnet [4]).

In der 1889er Verfammlung des gleichen Vereines wurde es als erwiefen betrachtet, dafs die Amylazetatlampe den englifchen Walrat- und den deutfchen Paraffinkerzen überlegen ift. Im Jahre 1890 wurde befchloffen, diefe Lampe an Stelle der Vereins-Paraffinkerze als Lichtmafs des Vereines anzunehmen. Diefe Lichteinheit wird *Hefner*-Lampe, *Hefner*-Licht und *Hefner*-Kerze genannt. Für Abkürzungen dient das Symbol »HK«, bezw. »HK«. Das Verhältnis der Leuchtkraft eines *Hefner*-Lichtes (von 40 mm Flammenhöhe) verglichen mit der Leuchtkraft der Vereins-Paraffinkerze wurde wie 1 : 1,20, mit einer Abweichung im Mehr oder Minder bis zu 0,05, feftgeftellt.

Das *American Inftitute of Electrical Engineers* befchlofs im Mai 1896, das *Hefner*-Licht anzunehmen. — Der im Auguft 1896 in Genf abgehaltene »Internationale Elektrotechniker-Kongrefs« behielt die *Violle*'fche Platineinheit bei; der zwanzigfte Teil davon wurde als theoretifche Einheit angenommen und *Bougie décimale* genannt. Für induftrielle Zwecke foll das *Hefner*-Licht Anwendung finden in Berückfichtigung des Verhältniffes feiner Helligkeit zur Platineinheit. — Eine Kommiffion, welche 1895 von der *Incorporated Inftitution of Gas Engineers* eingefetzt worden war, verwarf kurzer Hand die Amylazetatlampe, da ihr Helligkeitswert kleiner als 1 Kerze fei und die rötliche Farbe ihrer Flamme die Vergleichung einer weifsen Lichtquelle äufserft erfchwere. Daraufhin wurde als Einheit des Lichtes die bisherige *Parliamentary Standard Candle* beibehalten.

Bunte gibt [5]) als mittlere Ergebniffe von zahlreichen Verfuchen die Beziehungen der für photometrifche Meffungen gebräuchlichften Lichteinheiten folgende Zahlenwerte an:

	Hefner-Kerze	Deutfche Vereins-paraffin-kerze	Englifche Walrat-kerze	Fran-zöfifche *Carcel*-Lampe	*Violle*-fche Pla-tineinheit	*Bougie décimale*
Hefner-Kerze	1	0,833	0,877	0,092	0,046	0,89
Deutfche Vereinsparaffinkerze . .	1,20	1	1,05	0,110	0,054	1,07
Englifche Walratkerze	1,14	0,95	1	0,105	0,051	1,01
Franzöfifche *Carcel*-Lampe . . .	10,87	9,05	9,53	1	0,481	9,62
Violle'fche Platineinheit	22,6	18,8	19,8	2,08	1	20
Bougie décimale	1,13	0,94	0,99	0,104	0,05	1

4. Erhellung mittels Sonnenlicht.

Das Sonnenlicht ift in den allermeiften Fällen fo ftark und fo grell, dafs die gefchloffenen Räume unferer Gebäude davor gefchützt werden müffen. Ihre Erhellung bei Tage erfolgt deshalb durch das von der Atmofphäre aufgenommene und wieder zerftreute (diffufe) Licht.

Die Räume felbft werden durch folches Licht entweder unmittelbar oder mittelbar erhellt.

Das Tageslicht ift unmittelbar (direkt), wenn die Lichtöffnung, durch welche es einfällt, unmittelbar in das Freie führt. Mittelbares (indirecktes) Tageslicht empfangen Räume durch Lichtöffnungen, welche nach benachbarten — daneben oder darüber gelegenen — unmittelbar erhellten Räumen münden.

Bei der unmittelbaren Beleuchtung ift noch zu unterfcheiden, ob das zerftreute Sonnenlicht ganz unbeeinträchtigt aus dem völlig Freien kommt oder ob der Lichteinfall durch gegenüberliegende oder benachbarte Gebäude, bezw. andere Gegenftände ganz oder zum Teil gehemmt ift, fo dafs es teilweife als Reflexlicht zur Wirkfamkeit kommt. Befonders ftörend und für das Auge geradezu

[4]) Siehe über Normal- und Vergleichslichtquellen: KRÜSS, H. Die elektro-technifche Photometrie. Wien, Peft, Leipzig 1886, S. 96 ff. — ferner: WEBER, L. Zur Frage der Lichteinheiten. Journ. f. Gasb. u. Waff. 1888, S. 597.

[5]) In: Journ. f. Gasb. u. Waff. 1903, S. 1005 ff.

fchädlich ift das Reflexlicht, welches von hellgefarbten und vom Sonnenlicht grell erhellten Flächen zurückgeworfen wird und in Räume benachbarter oder gegenüberliegender Gebäude einfällt; folches Licht foll deshalb fo weit als irgend möglich vermieden werden.

5. Unmittelbare Erhellung.

Die Lichtöffnungen, durch welche gefchloffene Räume unmittelbares Tageslicht empfangen, werden angeordnet:

1) in den feitlichen Umfaffungswänden — Seitenlicht, oder

2) in den nach oben abfchliefsenden Decken, bezw. Dächern — Decken-, bezw. Dachlicht.

Decken- und Dachlicht werden häufig als Oberlicht[6]) bezeichnet. In beftimmten Fällen wird das von oben lotrecht einfallende Licht auch Zenitlicht genannt, insbefondere, wenn es nahe am Firft eines Satteldaches, in der Spitze eines Zeltdaches, durch den Scheitel eines Kuppelgewölbes, bezw. Kuppeldaches u. f. w. in den Raum einfällt.

3) Nicht felten kommen feitliche und in der Decke, bezw. im Dach angeordnete Lichtöffnungen gleichzeitig zur Anwendung. Dies gefchieht hauptfächlich in jenen Fällen, wo ein Raum durch die feitlich angebrachten Fenfteröffnungen in gewiffen (rückwärts gelegenen) Teilen nicht genügend erhellt wird; das Decken-, bezw. Dachlicht dient dann zur Vervollftändigung der Erhellung in diefen Teilen. Bisweilen ift jedoch das Decken-, bezw. Dachlicht die Hauptlichtquelle für den betreffenden Raum, und die in feinen Umfaffungswänden vorhandenen Fenfteröffnungen find hauptfächlich in Rückficht auf die Lufterneuerung oder aus anderen, mit der Raumerhellung nicht zufammenhängenden Gründen vorgefehen worden.

6. Seitliche Erhellung

Die am häufigften vorkommende Art der Tageserhellung unferer Räume ift diejenige mittels Seitenlicht, und darunter wieder diejenige mittels gewöhnlicher Fenfter, d. i. folcher, deren Unterkante in Brüftungshöhe gelegen ift oder tiefer herabreicht. Befinden fich die Fenfteröffnungen in wefentlich gröfserer Höhe, fo erfolgt die Erhellung des betreffenden Raumes mittels fog. hohen Seitenlichtes oder Hochlichtes, welches auch Oberlicht[7]) genannt wird.

Die feitliche Erhellung von Räumen erfolgt aber auch bisweilen durch verglafte Wände, viel feltener durch fog. Glastüren; der erftere Fall tritt namentlich bei Pflanzenhäufern, photographifchen Arbeitsftätten, Markthallen, Bahnfteighallen gröfserer Bahnhöfe, Ausftellungsbauten u. f. w. ein.

7. Erhellung von oben.

Wenn ein Raum von oben erhellt werden foll, fo wird, wenn eine wagrechte Deckenkonftruktion vorhanden ift, entweder die ganze Decke oder meift ein entfprechend grofser, tunlichft zentral gelegener Teil davon als Lichtfläche konftruiert; die darüber gelegenen Dachflächen find alsdann gleichfalls mit genügend grofsen Lichtöffnungen zu verfehen, und in manchen Fällen wird zwifchen Decke und Dach ein Lichtfchacht angeordnet.

Ift der zu erhellende Raum nach oben unmittelbar durch die Dachkonftruktion abgefchloffen, fo ift in den Dachflächen ein entfprechend grofser, zentral gelegener Teil lichtdurchläffig auszuführen.

8. Seitlich oder von oben einfallendes Licht?

In fehr vielen Fällen ift die Frage, ob man einen Raum durch feitlich oder durch von oben einfallendes Licht zu erhellen habe, durch die Lage diefes Raumes

6) Im »Handbuch der Architektur« wird der Gebrauch der Bezeichnung »Oberlicht« vermieden, um Mifsverftändniffen vorzubeugen; wie noch in Art. 6 gefagt werden wird, nennt man nicht felten hoch einfallendes Seitenlicht gleichfalls »Oberlicht«.

7) Diefe Bezeichnung wird namentlich für Fenfter, die über Tür- oder Toröffnungen angebracht find, gebraucht (Siehe auch die vorhergehende Fufsnote.)

im Gebäude felbft ohne weiteres beantwortet. Sind über dem zu erhellenden Raum andere Räume angeordnet, fo ift eine unmittelbare Beleuchtung des erfteren von oben fo gut wie ausgefchloffen, und ebenfo gibt es Fälle, wo ein Raum von der Seite her fich gar nicht oder doch nicht ausreichend erhellen läfst, fo dafs Lichteinfall von oben geradezu geboten ift.

Von derartigen Fällen abgefehen, läfst fich die Frage, ob Seitenlicht dem Decken-, bezw. Dachlicht vorzuziehen fei und umgekehrt, allgemein nicht beantworten; hauptfächlich wird dabei die Beftimmung des betreffenden Raumes ausfchlaggebend fein.

Sind, wie dies meiftens zutrifft, nur in einer Umfaffungswand des zu erhellenden Raumes Fenfter angeordnet, fo ift in einem feiner Punkte der Erhellungsgrad umfo geringer, je weiter er von den lichtgebenden Wandöffnungen entfernt ift. Wenn fonach die Beftimmung des betreffenden Raumes eine derartige, nach der Raumtiefe abnehmende Erhellung zuläfst, fo ift folches Seitenlicht anwendbar. Geftattet die beabfichtigte Raumbenutzung dies nicht, und laffen fich Fenfter in zwei einander gegenüberftehenden Wänden anbringen, fo wird man dadurch in manchen Fällen die ausreichende, bezw. geeignete Erhellung des Raumes erzielen können.

Immerhin wird es Fälle geben, wo durch feitliches Licht entweder keine genügende oder keine geeignete Raumerhellung erzielt werden kann, wo dies vielmehr nur durch von oben einfallendes Licht erreichbar ift. Handelt es fich darum, grofse wagrechte Flächen tunlichft gleichmäfsig zu erhellen, fo kann dies durch Decken-, bezw. Dachlicht eher bewirkt werden als durch Seitenlicht. Allerdings werden auch bei von oben einfallendem Licht die am Umfange der zu erhellenden wagrechten Fläche gelegenen Teile etwas fchwächer beleuchtet fein als die gerade unter der Lichtöffnung befindlichen; allein die Ungleichmäfsigkeit in der Erhellung wird eine viel geringere als bei feitlicher Beleuchtung fein.

Es gibt ferner Fälle, wo es fich hauptfächlich darum handelt, in beftimmten Teilen der Umfaffungswände einen tunlichft gleichmäfsigen Erhellungsgrad zu erzielen. Bei feitlicher Beleuchtung find die mit Fenftern verfehenen Wände für viele Zwecke faft unbenutzbar, und die fenkrecht dazu ftehenden Wände zeigen, je nach dem Abftand von der Fenfterwand, im Erhellungsgrade verfchiedene Abftufungen, fo dafs auch diefe nur unter gewiffen Bedingungen zweckmäfsig verwendet werden können. Hingegen läfst fich durch in der Decke, bezw. im Dach tunlichft zentral angeordnete Lichtöffnungen, insbefondere, wenn man noch gewiffe Vorfichtsmafsregeln trifft, eine viel gleichmäfsigere Erhellung der betreffenden Teile fämtlicher Umfaffungswände erzielen.

In derartigen Fällen wird fonach die Erhellung von oben derjenigen von der Seite her vorzuziehen fein, und man wird auch noch den weiteren Vorteil des von oben einfallenden Lichtes auszunutzen in der Lage fein, der darin befteht, dafs letzteres in der Regel von der Umgebung weniger beeinträchtigt wird als das Seitenlicht.

Indes ift die Raumerhellung von oben nicht frei von Mifsftänden:

1) Der Erhellungsgrad ift je nach dem Stande der Sonne ein ziemlich ftark wechfelnder; zwar ift dies auch bei Seitenlicht der Fall, allein in wefentlich geringerem Mafse.

2) Unter fonft gleichen Verhältniffen ift in vielen Fällen der Erhellungsgrad, den von oben einfallendes Licht erzeugt, weniger ausgiebig als der vom Seitenlicht herrührende. Denn die Arbeitsftellen u. f. w. des betreffenden Raumes befinden

fich meift dem Fufsboden nahe, und da ihre Entfernung von der Lichtöffnung im erfteren Falle in der Regel gröfser ift als im letzteren, fo mufs der Erhellungsgrad ein geringerer fein.

Oder umgekehrt: will man in beiden Fällen einen gleichen Erhellungsgrad erzielen, fo werden bei Beleuchtung von oben die Lichtöffnungen in der Regel gröfser fein müffen als bei feitlicher Erhellung. Da nun Fenfter u. f. w. in der Ausführung meift billiger zu ftehen kommen als Decken- und Dachlichter, fo bedingt die Erhellung von oben im allgemeinen teuerere konftruktive Einrichtungen als jene von der Seite her.

3) Von oben einfallendes Licht erzeugt in manchen Fällen auch aus dem Grunde einen geringeren Erhellungsgrad, weil bei folcher Beleuchtungsart die doppelte Verglafung der Lichtöffnung (in der Decke und im Dach) häufiger notwendig wird als bei feitlicher Erhellung.

4) Bei Schneefall wird die Wirkfamkeit von Decken- und Dachlichtern beeinträchtigt. Indes kann man diefem Mifsftande in ausgiebiger Weife begegnen, wenn man die verglaften Flächen der Lichtöffnungen fo fteil anordnet, dafs der Schnee darauf nicht liegen bleibt; und wenn letzteres dennoch in geringem Mafse der Fall fein follte, fo fchmilzt über erwärmten Räumen der abgelagerte Schnee bald ab.

5) Auch durch Staubablagerung tritt eine Verminderung der Raumerhellung ein. Je flacher die verglafte Lichtfläche gelegen ift, defto leichter wird fich Staub ablagern.

9.
Mittelbare Erhellung.

Mittelbares Licht kann einem Raume entweder durch offene oder verglafte Wandöffnungen (Fenfter, Glastüren u. f. w.), welche in einen daran ftofsenden Raum münden, oder durch Glaswände, die ihn von benachbarten Räumen trennen, oder durch Lichtöffnungen in feiner Decke zugeführt werden.

Blofs untergeordnete Räume und folche, in denen durch die Lichtöffnungen nicht auch der erforderliche Luftwechfel erzeugt werden foll, können durch mittelbares Licht erhellt werden. Für wichtigere Räume ift dies wohl nur in dem Falle als zuläffig zu erachten, wenn diefe an gröfseren glasbedeckten Höfen gelegen find; alsdann kann man folchen Räumen durch ihre nach dem Hofe mündenden Fenfter wohl die nötige Lichtmenge zuführen; allein den Zwecken der Lufterneuerung können derartige Fenfter nur in fehr unvollkommenem Mafse genügen.

Das Licht, welches durch fehr enge Lichthöfe, bezw. Lichtfchächte in die daran grenzenden Räume fällt, ift dem mittelbaren Lichte gleichzuachten.

10.
Lichtöffnungen.

Die in Rede ftehenden Lichtöffnungen werden in unferen Klimaten nur fehr felten ganz frei gelaffen, fondern faft ausnahmslos durch eine Verglafung — einfach oder doppelt — verfchloffen.

Beim Durchgang des unmittelbaren Tageslichtes durch verglafte Lichtöffnungen wird die Intenfität des einfallenden Lichtes etwas herabgemindert; diefer Verluft beträgt:

bei einfachem Fenfterglas	4	Vomhundert
bei doppeltem Fenfterglas	9—13	»
bei 8 mm ftarkem Spiegelglas	6—10	»
bei grünem und rotem Glas	80—90	»
bei orangefarbigem Glas	34	»
bei mattgefchliffenem Glas	30—66	»

Diefe Zahlenangaben find in der unten genannten Quelle[8]) allerdings als für künftliche Beleuchtung geltend mitgeteilt. Allein nach *Mohrmann*'s Verfuchen[9]) haben fie auch für Tageslicht

[8]) Nach: Deutfches Bauhandbuch. Bd. II, Teil 1. Berlin 1880. S. 357.

[9]) Siehe: MOHRMANN, K. Ueber die Tagesbeleuchtung innerer Räume. Berlin 1885. S. 19.

Gültigkeit, mit Ausnahme des für mattes Glas angegebenen Wertes, der im Durchſchnitt geringere Hundertſätze ergab.

Nach *Mohrmann* kann für kräftig behandelte, vielfarbige Glasfenſter im mittelalterlichen Charakter bei Tageslicht ein durchſchnittlicher Verluſt von 50 bis 80 Vomhundert in Rechnung geſtellt werden.

Bisweilen wählt man für die Lichtöffnungen Verglaſungen, welche auf das einfallende Tageslicht eine zerſtreuende Wirkung ausüben (auch das ſchon erwähnte mattgeſchliffene Glas tut dies); in gleicher Weiſe wirken Oelpapier, gewöhnliches Papier, dünne Gewebe und andere durchſcheinende Körper. Beim Durchgang durch ſolche Körper erleidet das Sonnenlicht gleichfalls einen Verluſt; letzterer beträgt nach *Mohrmann*'s Verſuchen [10]):

für klares Glas mit Rippen oder gepreſster Muſterung .	10—20	Vomhundert
für Glas, ſehr matt geſchliffen, nur teilweiſe zerſtreuend	12	»
für Glas, ziemlich matt geſchliffen, faſt völlig zerſtreuend	20	»
für Glas, mittelſtark geſchliffen, völlig zerſtreuend . . .	25—30	»
für Glas, ſehr rauh geſchliffen, weiſs ausſehend	30—50	»
für Milchglas, 2 bis 3 mm ſtark	50—80	»
für klares Oelpapier	15—30	»
für dünnes Briefpapier	50—70	»
für gewöhnliches Schreibpapier	75—90	»
für dicht gewebtes Leinen	50—95	»

Nach neueren, von *Herzberg* angeſtellten Verſuchen [11]) wurde der in Rede ſtehende Lichtverluſt ermittelt:

bei einfachem weiſsem rheiniſchem Doppelglas. . . .	zu 10	Vomhundert
bei einfachem dünnem Spiegelglas	» 10	»
bei unter 1 und 2 genannten Gläſern zuſammen, in 6 cm Abſtand in einen Rahmen geſpannt	» 21	»
bei einfachem mattem Glas (undurchſichtig, nur Licht durchlaſſend)	» 27	»
bei einfachem Kathedralglas von etwas grünlicher Färbung	» $12\frac{2}{3}$	»
bei einfachem Kathedralglas von weiſser Färbung . . .	» $12\frac{2}{3}$	»
bei ſämtlichen vorgenannten Gläſern zuſammen, in 6 cm Abſtand in einen Rahmen geſpannt	» 23	»
bei matter Glasſcheibe mit gemaltem Stern zuſammen mit einer weiſsen Dachſcheibe, letztere beſtaubt (beide aus dem Deckenlicht eines in Benutzung befindlichen Saales); die Scheiben (der Wirklichkeit entſprechend) in 1,60 m Abſtand voneinander	» 60	» [12])
bei neuer, nicht beſtaubter, matter Glasſcheibe (ohne Stern) zuſammen mit der beſtaubten weiſsen Glasſcheibe des vorigen Verſuches; die Scheiben in 1,60 m Abſtand voneinander	» 40	»

In den nachſtehenden Erörterungen wird unter »Lichtöffnung« oder »Lichtfläche« durchweg der Flächeninhalt der Fenſter-, Decken-, bezw. Dachlichtöffnung, der verglaſten Teile von Glastüren, Glaswänden u. ſ. w. — nach Abzug der Sproſſen und aller ſonſtiger Konſtruktionsteile, welche den Lichteinfall hemmen — verſtanden.

10) Siehe ebendaſ., S. 21.

11) Siehe: Geſundh.-Ing. 1889, S. 281 — und: Journ. f. Gasb. u. Waſſ. 1889, S. 502.

12) Dieſes Ergebnis iſt nicht ganz zuverläſſig, weil der gemalte Stern der photometriſchen Meſſung ſehr hinderlich war.

Eine grofse Lichtmenge verfchlucken meift die Fenfterfproffen, und zwar nach *Mohrmann*[13]:

bei eifernen Fenftern	5—10	Vomhundert
bei Bleiverglafung	10—25	»
bei den gewöhnlichen hölzernen Wohnhausfenftern	25—35	»

Die üblichen leichten Tüllvorhänge bewirken einen Lichtverluft von 15 bis 30 Vomhundert und mehr; fie wirken auch etwas zerftreuend.

Auf Grund obiger Zahlenangaben wird für gewöhnliche Wohnhausfenfter mit einem Lichtverluft von ca. 50 Vomhundert (5 Vomhundert für das Glas, 30 Vomhundert für die Sproffen und 25 Vomhundert für die Vorhänge angenommen, gibt $100 \cdot 0{,}95 \cdot 0{,}70 \cdot 0{,}75 = 49{,}9$) zu rechnen fein.

Von der Konftruktion der die Lichtöffnungen bildenden Anlagen foll im vorliegenden Kapitel nicht die Rede fein, fondern nur von der Verforgung gefchloffener Räume mittels Sonnenlicht im allgemeinen[14]. Ueber erftere ift in anderen Bänden von Teil III diefes »Handbuches« das Nötige zu finden: bezüglich der Fenfter und damit verwandter Anlagen, fowie der Glastüren fei auf Band 3, Heft 3, bezüglich der Glaswände auf Band 2 und bezüglich der verglaften Decken und Dächer auf Band 3, Heft 1 u. 2 verwiefen.

11.
Wirkfamkeit des Sonnenlichtes.

Das zerftreute Sonnenlicht ift je nach dem Teile des Himmelsgewölbes, von welchem es ausftrahlt, verfchieden ftark (intenfiv). Es ift am wirkfamften, wenn es aus der Umgebung des augenblicklichen Sonnenftandes, am fchwächften, wenn es nahe am Horizont ausftrahlt; das aus anderen Teilen des Himmelsgewölbes herrührende Sonnenlicht hat auch eine andere Intenfität. Für den Erhellungsgrad eines gefchloffenen Raumes ift fonach die Menge des unmittelbar einfallenden Himmelslichtes von wefentlichftem Einflufs. Auch das Licht, welches vom Reflex an den Wänden und an der Decke diefes Raumes, an gegenüberliegenden Gebäuden u. f. w. herrührt, ift von Einflufs; doch kommt diefer erft in zweiter Linie. Solches Reflexlicht ift namentlich für jene Teile des zu erhellenden Raumes von Wefenheit, welche weit vom Fenfter, bezw. von den anderweitigen Lichtöffnungen entfernt find. Derartiges Licht wird in den nachftehenden Unterfuchungen keine weitere Berückfichtigung finden.

Der Erhellungsgrad eines gefchloffenen Raumes ift aber auch noch von anderen, zum Teile zufälligen Einflüffen abhängig: vom geographifchen Breitengrad, von der Jahres- und Tageszeit, vom Grade der Bewölkung und der Feuchtigkeit der Luft u. f. w. Man hat bis vor kurzem angenommen, dafs diefe Einflüffe fo überwiegend find, dafs man die zuerft erwähnte Verfchiedenheit des Erhellungsgrades vernachläffigen könne. Indes hat *Cohn* im Jahre 1885 durch photometrifche Beobachtungen nachgewiefen, dafs der füdliche und füdöftliche Himmel ftets einen ftärkeren Lichteffekt gibt[15].

Zur Erhellung eines im Freien befindlichen Flächenelements trägt das ganze Himmelsgewölbe bei. Wenn fich hingegen diefes Flächenelement in einem gefchloffenen Raume befindet, fo trägt zu feiner Erhellung nur derjenige Teil des

---

[13]) A. a. O., S. 20.

[14]) Verf. folgt dabei zum Teile einer Arbeit *F. v. Gruber*'s in: Arbeiten der hygienifchen Sectionen des VI. Internationalen Congreffes für Hygiene und Demographie zu Wien 1887. Anhang zum Thema XI. Wien 1888 S. 53 (auch abgedruckt in: Wochfchr. d. öft. Ing.- u. Arch.-Ver. 1888, S. 261. 269, 277, 285); der Herr Urheber diefer Abhandlung hat deren Benutzung für den vorliegenden Zweck in fehr dankenswerter Weife geftattet.

[15]) Siehe über diefen Gegenftand:

COHN, H. Tageslicht-Meffungen in Schulen. Deutfche medicin. Wochfchr. 1884, Nr. 38.

WEBER, L. Intenfitäts-Meffungen des diffufen Tageslichtes. Annalen der Phyfik u. Chemie, Bd. 26 (1885), S. 374

Himmelsgewölbes bei, von welchem Lichtſtrahlen nach dieſem Flächenelement gelangen können. Je nach der Gröſse dieſes Teiles iſt der Grad der Erhellung ein verſchiedener, und zwar iſt er direkt proportional der Gröſse jenes Firmamentteiles, ſobald das zu erhellende Flächenelement einer Ebene angehört, welche ſenkrecht zum Axialſtrahl des betreffenden Firmamentteiles ſteht. Schlieſst die Ebene mit jenem Axialſtrahl einen Winkel, der kleiner als 90 Grad iſt, ein, ſo iſt die Erhellung eine geringere, und zwar nimmt ſie mit dem Sinus dieſes Winkels ab.

12. Meter-Normalkerze.

Mittels der in Art. 3 (S. 4 u. 5) vorgeführten Lichteinheiten läſst ſich bei künſtlicher Erhellung der Räume die Lichtmenge angeben, welche eine Lichtquelle ausſtrahlt. Bei Erhellung mittels Sonnenlicht hat man hingegen nicht ſo ſehr die Lichtſtärke anzugeben, welche von einem beſtimmten Punkte des Himmelsgewölbes ausgeht, als vielmehr den Erhellungsgrad, welcher auf einem von dieſem Punkte beleuchteten Körper hervorgebracht wird, mit anderen Worten: es handelt ſich um die geſamte Wirkung aller auf ein beſtimmtes Flächenelement unmittelbar oder durch Reflex gelangenden Lichtſtrahlen des Himmelsgewölbes.

Dieſe Wirkung vergleicht man deshalb nicht unmittelbar mit der Normalkerze (oder einer anderen Lichteinheit), ſondern mit der Wirkung, welche die letztere in einem beſtimmten Abſtande auf das zu erhellende Flächenelement ausübt. Man nimmt als Abſtand des letzteren von der Normalkerze 1 m an und nennt den ſo erzeugten Erhellungsgrad eine Meter-Normalkerze oder kurzweg Meterkerze.

In unſeren Breitegraden beträgt, wie photometriſche Unterſuchungen gezeigt haben, bei gleichmäſsig bedecktem Himmel an einem Wintertage, bezw. eine Stunde vor Sonnenuntergang an einem Sommertage, der Erhellungsgrad, welcher durch eine 1 qcm groſse Oeffnung auf einem um 1 m von ihr entfernten Flächenelement erzeugt wird, 1/4 der Helligkeit einer Meter-Normalkerze, wenn die ſog. deutſche Normalkerze (ſiehe Art. 3, S. 4 u. 5) zu Grunde gelegt wird.

13. Erforderlicher Erhellungsgrad.

Der in einem geſchloſſenen Raume erforderliche Erhellungsgrad iſt, wenn nicht durch die Beſtimmung des Raumes bereits anderweitig gegeben, vor allem vom hygieniſchen Standpunkte aus zu bemeſſen. Es iſt nicht Aufgabe des Architekten, den Erhellungsgrad, welchen der Menſch für einen beſtimmten Zweck notwendig hat, feſtzuſtellen; dies iſt die Aufgabe der Hygieniker, bezw. vor allem der Augenärzte unter ihnen. Sache des Architekten iſt es, den von letzteren im Verein mit den Phyſikern angeſtellten Forſchungen zu folgen und letztere, ſoweit als tunlich, techniſch zu berückſichtigen.

Ueber den in den Innenräumen unſerer Gebäude erforderlichen Erhellungsgrad gehen die Anſichten ziemlich auseinander. Mehrere davon ſeien nachſtehend vorgeführt.

1) Eine vielfach benutzte Angabe iſt, daſs es in den meiſten Fällen genüge, wenn die Fenſterlichtfläche 1/7 bis 1/5 der Grundfläche des zu erhellenden Raumes beträgt, vorausgeſetzt, daſs die Erhellung nicht durch Nachbargebäude beeinträchtigt wird.

2) Eine hiermit verwandte Beſtimmung enthalten die vom »Deutſchen Verein für öffentliche Geſundheitspflege« 1889 vorgeſchlagenen »Reichsgeſetzlichen Vorſchriften zum Schutz des geſunden Wohnens«. In § 7 heiſst es: »... In jedem ſolchen (zum längeren Aufenthalt von Menſchen dienenden) Raume ſoll die lichtgebende Geſamtfläche der ... Fenſter mindeſtens ein Zwölftel der Grundfläche betragen ...«

Die Angaben unter 1 und 2 ſind ſchon um deſſentwillen unvollkommen, weil bei ihnen die Grundform des zu erhellenden Raumes (das Verhältnis ſeiner Tiefe zur Länge), ebenſo Lage und Form der Lichtöffnungen, die Höhe der letzteren, die ſtärkere oder ſchwächere Einſchränkung des Horizonts u. ſ. w. nicht berückſichtigt ſind.

3) *Baumeifter* macht[16]) die Gröfse der Fenfteröffnung vom körperlichen Inhalt des betreffenden Raumes abhängig. Danach follen »alle zum längeren Aufenthalte von Menfchen beftimmten, d. h. bewohnten Räume (als Wohn- und Schlafzimmer, Arbeits- und Verfammlungslokale, Küchen) Fenfter erhalten, deren lichtgebende und zum Oeffnen eingerichtete Gefamtfläche mindeftens 1 qm auf 30 cbm Rauminhalt beträgt«.

Diefe Beftimmung ift dann von Bedeutung und deshalb berückfichtigenswert, wenn man die Fenfteröffnungen vor allem als Mittel für die Lufterneuerung im betreffenden Raume betrachtet; vom Standpunkt der Erhellung diefes Raumes zeigt fie die gleichen Unvollkommenheiten wie unter 1.

4) *Böckmann* leitet[17]) folgende Regel ab: »Als gut beleuchtet kann man die Räume bezeichnen, bei denen man, an die dem Fenfter entgegengefetzte Wand gelehnt, noch den Himmel fehen kann.«

Diefe Regel nimmt zwar auf die Raumtiefe, in gewiffem Sinne auch auf die Lage und Form der Fenfteröffnungen Rückficht; allein der dadurch gegebene Mafsftab ift um deffentwillen nicht genügend ficher, weil es fich vor allem darum handelt, ob der Teil des Himmelsgewölbes, den man fehen kann, auch grofs genug ift, um den für einen beftimmten Zweck erforderlichen Erhellungsgrad zu erzielen.

5) *Javal* fordert — insbefondere für Schulen — dafs jeder Platz unmittelbares Sonnenlicht erhalten müffe. Hierdurch ift aber noch nicht die Frage gelöft, wieviel von diefem Licht unbedingt notwendig ift.

6) *Mohrmann* verlangt[18]) für:	mindeftens
α) Untergeordnete Räume, deren Beleuchtung ein Lefen nur mit Mühe ermöglichen würde	1
β) Vorplätze, Treppenhäufer u. f. w.	5
γ) Arbeitsplätze für untergeordnete Arbeit in manchen Werkftätten, Packräumen, Küchen u. f. w.	15—20
δ) Arbeitsplätze, die Lefen und Schreiben ohne Anftrengung zulaffen	50—100
ε) Plätze für fehr feine Arbeit, Zeichenpulte, Sammelkaften in Mufeen, Wände der Gemäldegalerien	200 u. mehr
	Meter-Normalkerzen.

Es wird noch gezeigt werden, dafs die unter δ und ε geftellten Forderungen ziemlich hohe find.

Auch die Form der Fenfteröffnungen und -Anlagen hat auf die Erhellung eines Raumes bedeutenden Einflufs. Ein Fenfter mit höherer Brüftung und geringerem Abftand von der Raumdecke hat fowohl hinfichtlich der gefamten Lichtmenge als auch der Lichtverteilung im Raume grofse Vorzüge vor einem Fenfter mit niedriger Brüftung, aber weit von der Decke abftehendem Sturz.

Weiterhin mufs als feftftehend betrachtet werden, dafs es nicht genügt, wenn ein Arbeitsplatz von irgend einem, wenn auch noch fo kleinen Himmelsftück Licht empfängt, fondern dafs feine Erhellung nur dann gefichert ift, wenn diefes Stück des Himmels eine gewiffe Mindeftgröfse befitzt. Die genauere Beftimmung der letzteren ift praktifch von aufserordentlicher Wichtigkeit.

Javal war der erfte, der diefes Verhältnis zwifchen der Gröfse des lichtfpendenden Himmelsftückes und der Erhellung eines Raumes klar erkannte. Er hat die Forderung aufgeftellt, dafs man von jedem Arbeitsplatze aus einen Streifen Himmel müffe fehen können, der vom Fenfterfturz, lotrecht nach abwärts gemeffen, mindeftens 30 cm breit erfcheint.

Foerfter verfuchte diefe Gröfse im Winkelmafs auszudrücken. Er zieht von der Mitte des Arbeitsplatzes aus eine gerade Linie nach der äufseren Kante des Fenfterfturzes (oberer Grenzftrahl) und eine zweite Linie in derfelben lotrechten Ebene nach der unteren Begrenzung des fichtbaren Himmelsftückes, z. B. nach der Gefimskante oder nach dem Dachfirft des der Fenfter-

[16]) In: Normale Bauordnung nebft Erläuterungen. Wiesbaden 1880. (§ 38.)

[17]) In: Deutfches Bauhandbuch. Bd. II, Teil 2, S. 79.

[18]) In: MOHRMANN, K. Ueber die Tagesbeleuchtung innerer Räume. Berlin 1885. S. 14.

wand gegenüberliegenden Gebäudes (unterer Grenzftrahl), und nennt den Winkel, den diefe beiden Geraden einfchliefsen, den Oeffnungswinkel. Er fordert nun, dafs letzterer zum mindeften 5 Grad meffe, wobei er vorausfetzt, dafs der Winkel, den der obere Grenzftrahl mit der Wagrechten einfchliefst (die gröfste Elevation) mindeftens 25 bis 27 Grad betrage.

Foerfter's Anfchauung bedeutet der *Javal*'fchen gegenüber infofern einen Fortfchritt, als dadurch der bedeutende Einflufs berückfichtigt wird, den die Neigung der einfallenden Lichtftrahlen auf die Erhellung eines Arbeitsplatzes ausübt. Sonft reichen aber beide Regeln nicht aus, weil fie die Breite des fichtbaren Himmelsftückes, bezw. den Winkel, unter dem diefe Breite vom Arbeitsplatze aus erfcheint, nicht berückfichtigen.

Das richtige Mafs für die Gröfse des lichtfpendenden Himmelsftückes hat *Weber* in feinem »Raumwinkel« gegeben. Von diefem wird im nächftfolgenden Artikel die Rede fein.

Aufser dem hier mafsgebend gewefenen hygienifchen Standpunkte können für den erforderlichen Erhellungsgrad eines Raumes auch äfthetifche Rückfichten von Einflufs fein. Denn es fteht keineswegs feft, dafs die Innenräume unferer Gebäude unter allen Umftänden vollkommen gleichmäfsig erhellt fein müffen. Im Gegenteile, in dem Gegenfatz, welcher durch die Ungleichmäfsigkeit der Erhellung verfchiedener Teile eines und desfelben Raumes erzeugt wird, liegt nicht felten ein Reiz, der die dekorative Ausftattung diefes Raumes zur Geltung bringen kann, den aber keine Dekoration hervorzurufen im ftande ift. Diefe — rein äfthetifche — Seite der Erhellungsfrage kann hier weiter keine Berückfichtigung finden, obwohl die nachftehenden Erörterungen dazu in keinerlei Gegenfatz treten werden. Solche »behaglich« erhellte Räume pflegen in der Regel nur für den Aufenthalt weniger Perfonen beftimmt zu fein, und die gefundheitlichen Anforderungen find fchon erfüllt, wenn blofs die Arbeitsplätze diefer Perfonen genügend ftark beleuchtet find.

Auch foweit der befondere Zweck eines Raumes ein befonderes Mafs, bezw. eine befondere Art der Erhellung bedingt, wie z. B. in Schulen, Mufeen, Ausftellungsräumen, grofsen Sitzungsfälen u. f. w., wird diefer Gegenftand von den nachfolgenden allgemeinen Erörterungen auszufchliefsen fein; hiervon wird in Teil IV diefes »Handbuches«, bei Befprechung der betreffenden Gebäudearten, im befonderen zu reden fein.

14.
Raumwinkel und Raumwinkelmeffer.

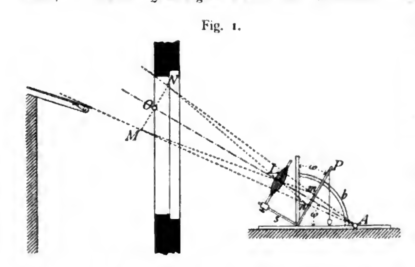
Um in zuverläffiger Weife beftimmte Angaben über den Erhellungsgrad machen zu können, ftellte *Weber* den Begriff des fog. »Raumwinkels« feft und konftruierte einen Raumwinkelmeffer. Unter Raumwinkel hat man die körperliche Ecke zu verftehen, die das gefamte Strahlenbüfchel umfafst, welches von jenem Teile des Himmelsgewölbes, der von einem beftimmten Punkte des zu erhellenden Raumes fichtbar ift, nach diefem einfällt. Es handelt fich nun darum, für diefe körperliche Ecke ein geeignetes Mafs zu finden und eine Vorrichtung zu konftruieren, mittels deren man den Raumwinkel leicht und bequem in diefem Mafse meffen kann. Hierzu dient *Weber*'s Raumwinkelmeffer.

Man denke fich das lichtausftrahlende Himmelsgewölbe in Felder von der Gröfse eines noch feftzuftellenden Quadratgrades geteilt; alsdann wird der Erhellungsgrad eines Platzes in dem zu erhellenden Raume der Anzahl der von letzterem aus fichtbaren Quadratgrade proportional fein. Aber auch diefe Quadratgrade werden ein z. B. in einer wagrechten Ebene gelegenes Flächenelement umfo ftärker erhellen, je höher fie fich über dem Horizont befinden, d. i. je gröfser der Elevationswinkel der einzelnen Quadratgrade über dem Horizont ift. Der Raumwinkelmeffer hat nun die Aufgabe, den Raumwinkel, d. i. die Gröfse des Firmamentfeldes, von

welchem dem zu unterfuchenden Flächenelement A (Fig. 1) Lichtftrahlen zugehen, in Quadratgraden zu beftimmen und zugleich den Elevationswinkel ω des Axialftrahles AO diefes Lichtfeldes zu meffen [19]).

Um dem erftgedachten Zwecke zu dienen, befitzt die Vorrichtung (Fig. 1) eine Linfe L, welche das zu meffende Bild des betreffenden Teiles des Himmelsgewölbes auf eine hinter ihr ftehende Platte P wirft, wobei jenes Bild fo zentriert wird, dafs der axiale Lichtftrahl AO fenkrecht zu jener Platte gerichtet ift. Auf der Platte P wird ein Blatt Papier befeftigt, welches die Gradeinteilung trägt. Nach *Weber's* Vorfchlag ift dies ein Quadratnetz von 2 mm Mafchenweite, fo dafs ein Quadratgrad 4 qmm mifst. Die Linfe ift auf einem fenkrecht zur Platte P ftehenden Stabe s verfchiebbar eingerichtet und wird fo fixiert, dafs auf dem Blatt ein fcharfes Bild entfteht. Hat fie nun eine folche Brennweite, dafs letzteres bei einem Abftande von 114,6 mm gefchieht, fo wird diefes Mafs als Halbmeffer einer Kugel erfcheinen, deren Oberflächenquadrat 2 mm Seitenlänge, d. i. 4 qmm Flächeninhalt hat.

Fig. 1.



Im allgemeinen wird der in Frage kommende Teil des Himmelsgewölbes, infolge der Form des betreffenden Fenfters oder der fonftigen Lichtöffnung, unregelmäfsig geftaltet, und deshalb wird auch fein auf der Platte P entftehendes Bild mn eine unregelmäfsige Geftalt haben. Ift das Papierblatt in die Platte eingeftellt worden, fo zeichnet man mit Bleiftift die Umriffe diefes Bildes und zählt hierauf die Zahl z der Quadrate, welche von ihm eingenommen werden; alsdann ift der Raumwinkel unmittelbar in Quadratgraden beftimmt. Den mittleren Elevationswinkel ω lieft man auf dem Gradbogen b ab, auf dem die Platte P geführt wird.

Kennt man nun die Gröfse z des Raumwinkels in Quadratgraden (zu 4 qmm) und den Elevationswinkel ω, fo beftimmt nach dem *Lambert*'fchen photometrifchen Grundgefetz das Produkt $z \sin \omega$ den auf eine wagrechte Ebene bezogenen Erhellungsgrad des unterfuchten Flächenelements, welches Produkt *Weber* den reduzierten Raumwinkel nennt.

Ift die Ebene, dem das betreffende Flächenelement angehört, nicht wagrecht, fondern um den Winkel α gegen die Wagrechte geneigt, fo mufs man den Elevationswinkel ω um diefen Winkel α (in der Richtung des Axialftrahles gemeffen) vermindern. Beträgt die Brennweite der Linfe nicht genau 114,6 mm, fo ift an der Zahl der Quadratgrade eine entfprechende Korrektur vorzunehmen. Ift endlich das Lichtfeld fo grofs, dafs fein ganzes Bild bei einer Einftellung des Raumwinkelmeffers nicht fixiert werden kann, fo ift es durch mehrere einander ergänzende Einftellungen zu gewinnen.

Beim Gebrauche des Raumwinkelmeffers wird feine Grundplatte A mit Hilfe der Fufsfchrauben und des Lotes, welches auf dem Nullpunkt des Gradbogens b einfpielen mufs, genau wagrecht geftellt. Auf der Platte P befindet fich ein kleiner Stift; damit man einen mittleren Wert des Elevationswinkels erhalte, hat man die Platte P fo weit zu drehen, bis das Bild des zu meffenden Firmamentteiles möglichft gleichmäfsig um diefen Stift gruppiert ift, was mit Hilfe der Teilftriche auf dem Papier mit ausreichender Sicherheit abzufchätzen ift; eine an der Platte P angebrachte Marke gibt alsdann den mittleren Elevationswinkel ω.

15.
Gröfse des erforderlichen Raumwinkels.

Es entfteht nun die Frage, wie grofs für irgend einen Punkt eines gefchloffenen Raumes der Raumwinkel fein mufs, damit der gewünfchte Erhellungsgrad vorhanden ift.

19) Ueber die Theorie diefes Apparates fiehe: WEBER, L. Befchreibung eines Raumwinkelmeffers. Zeitfchr. f. Inftrumentenkunde, Jahrg. 4 (1884), S. 343.

Cohn hat, im Jahre 1883 beginnend, zahlreiche Beobachtungen in alten und neuen Schulen Breslaus angeftellt [20]), und zwar ftets zwifchen 9 und 11 Uhr, während des Unterrichtes, an den hellften und dunkelften Schülerplätzen, fowohl an fehr hellen, als auch an fehr dunkeln Vormittagen. *Cohn* folgerte aus den Ergebniffen feiner Unterfuchungen, dafs 50 Meter-Normalkerzen der wünfchenswerte Erhellungsgrad feien, und betrachtet 10 Meter-Normalkerzen als den geringften, noch zuläffigen Erhellungsgrad; bei letzterem beträgt die Lesbarkeit (der Schrift von *Snellen*) nur noch $^3/_4$ der normalen.

Jenes Mindeftmafs von 10 Meter-Normalkerzen entfpricht 50 reduzierten Raumwinkelgraden, fo dafs *Cohn* daraus folgerte, dafs ein Platz zum Schreiben und Lefen ungeeignet fei, deffen Raumwinkel weniger als 50 reduzierte Quadratgrade ergibt. Dem wünfchenswerten Erhellungsgrad von 50 Meter-Normalkerzen entfprechen 500 reduzierte Raumwinkelgrade.

Wenn nun auch *Cohn*'s Unterfuchungen in Schulzimmern vorgenommen worden find und die Ergebniffe vor allem für diefe Geltung haben, fo geht man doch nicht wefentlich fehl, wenn man an jeden Arbeitsplatz, der völlig ausreichend erhellt fein foll, die gleichen Mindeftanforderungen ftellt.

Man kann nun das von *Cohn* aufgeftellte Mindeftmafs nicht als ein folches anfehen, welches an allen Orten und unter allen Verhältniffen abfolute Gültigkeit hat. Denn, wie fchon in Art. 11 (S. 11) gefagt wurde, wechfelt die Intenfität des zerftreuten Himmelslichtes mit der geographifchen Breite des Ortes und mit der Befchaffenheit der Luft (ob fie ganz rein ift oder ob fie viel Wafferdampf oder viel Rauch und Staubteilchen enthält); felbft die Befchaffenheit, namentlich die Farbe der Umfaffungswände des betreffenden Raumes wird nicht ohne Einflufs fein. Alle diefe und manche andere Einflüffe werden fich in den Ergebniffen der photometrifchen Unterfuchungen zu erkennen geben, nicht aber in jenen der Raumwinkelmeffung; fonach ift das Verhältnis zwifchen diefen beiden Meffungsergebniffen kein überall gleiches, fo dafs an anderen Orten angeftellte Unterfuchungen erwünfcht fein würden. Immerhin wird man nicht fehlgehen, wenn man annimmt, dafs in unferen Breitegraden wefentliche Abweichungen von dem in Breslau ermittelten Erhellungsvermögen des Himmelsgewölbes nicht vorkommen werden.

Hieraus folgt, dafs man zunächft auf den Ergebniffen der *Cohn*'fchen Meffungen fufsen kann, und dafs man mit Hilfe des Grundgedankens, dem der Raumwinkelmeffer entfpricht, Unterfuchungen über den Erhellungsgrad anzuftellen in der Lage ift.

Der Erhellungsgrad eines Punktes in einem gefchloffenen Raume wächft, dem Gefagten entfprechend, mit dem Produkte $z \sin \omega$, d. h. unter gegebenen Verhältniffen wird man einen umfo gröfseren Erhellungsgrad erzielen, je gröfser diefes Produkt ift. Um letzteres möglichft grofs zu erhalten, wird man zunächft z tunlichft grofs zu wählen haben, was fich hauptfächlich durch die Abmeffungen, zum Teile auch durch die Form der Lichtöffnung erreichen läfst; allein auch für den Faktor $\sin \omega$ oder, was dasfelbe ift, für den Auffallwinkel ω wird ein möglichft grofser Wert anzuftreben fein, was dadurch erzielt werden kann, dafs man das Licht tunlichft hoch einfallen läfst.

Hieraus geht z. B. hervor, dafs bei feitlicher Beleuchtung durch gewöhnliche Fenfter, wie fchon früher angedeutet wurde, nicht fo fehr die Breite der letzteren als die Höhenlage des

[20]) Siehe: COHN, H. Tageslicht-Meffungen in Schulen. Deutfche medicin. Wochfchr. 1884.

Sturzes über dem Fufsboden von wefentlichem Einflufs auf die Erhellung des Raumes ift; denn mit der Höhe des Fenfters wächft die Gröfse des Auffallwinkels ω und mit diefem fein Sinus. Für einen beftimmten Arbeitsplatz wird fonach, unter fonft gleichen Verhältniffen, der Erhellungsgrad umfo gröfser fein, je höher der Fenfterfturz gelegen ift, oder aber: um den noch zuläffigen geringften Erhellungsgrad für diefen Platz zu erzielen, wird die Fenfteröffnung umfo kleiner fein dürfen, je höher der Fenfterfturz angeordnet ift.

Hierdurch erhält man auch fofort die Begründung für die günftige Wirkfamkeit des hohen Seitenlichtes und findet es erklärt, dafs ein Raum durch hohes Seitenlicht ganz entfprechend erhellt ift, obwohl feine Fenfterflächen nur $^1/_{11}$ feiner Grundfläche betragen (vergl. Art. 13, S. 12, unter 1 u. 2). Hierdurch erhält man auch Auffchlufs darüber, dafs Fenfter, welche nach oben rechteckig begrenzt find, unter fonft gleichen Verhältniffen für die Raumerhellung vorteilhafter wirken als die mittels Rundbogen abgefchloffenen.

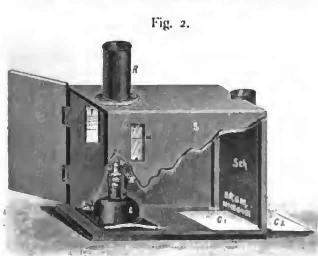
16.
Wingen's Helligkeitsunterfuchung

So vorzüglich die *Weber*'fche Mefsvorrichtung auch ift, fo erfcheint fie doch für umfangreiche praktifche Meffungen etwas umftändlich. Wollte man z. B. die fämtlichen Plätze einer gröfseren Schulklaffe auf ihre Helligkeit unterfuchen, fo hätte man mit der *Weber*'fchen Vorrichtung viele Tage lang zu arbeiten, und der Himmel bliebe inzwifchen nicht immer gleichmäfsig. Um ein tunlichft auf derfelben Grundlage aufgebautes Ergebnis zu erzielen, ift es von Wichtigkeit, die Unterfuchung der fämtlichen Plätze auf einen möglichft kurzen Zeitraum zufammenzudrängen. Hierfür hat *Wingen* das folgende Verfahren[21]) erfonnen.

Bei Beginn der Unterfuchung ftelle man zunächft mit dem *Weber*'fchen Photometer irgend einen Arbeitsplatz von 10 Meterkerzen Helligkeitsgrad und einen folchen von 50 Meterkerzen feft und lege alsdann auf den betreffenden beiden Stellen und gleichzeitig auf den noch weiter zu unterfuchenden Plätzen photographifche Papiere (Chlorfilber-Gelatinepapier u. f. w.) aus. Um einfache Bilder zu erzeugen, ftecke man jedes Blättchen Papier hinter einen ausgeftanzten Karton, fetze es etwa $^1/_2$ Stunde lang — jedoch alle Papiere gleich lang — dem Tageslicht aus, lege es fchliefslich um und fixiere es. Alle Papiere, welche ein helleres Bild zeigen als diejenigen, die vorher zu 10, bezw. 50 Meterkerzen feftgeftellt worden waren, find als ungenügend oder nicht ganz befriedigend anzufehen. Die Tiefe der Farbentöne läfst erkennen, ob die Helligkeit der einzelnen Arbeitsplätze fich den betreffenden Werten mehr oder weniger nähert.

Man kann die einzelnen Papierblättchen in eine den betreffenden Raum darftellende Grundrifszeichnung an den entfprechenden Stellen einkleben und erhält fo ein getreues Abbild der Abnahme des Helligkeitsgrades von den Fenftern nach der Tiefe des Raumes zu; naturgemäfs ergeben die hellften Arbeitsplätze die dunkelften Bilder und umgekehrt.

Fig. 2.



Helligkeitsprüfer von *Wingen*[23]).

17.
Wingen's Helligkeitsprüfer.

Da es häufig genügt, feftzuftellen, ob der Helligkeitsgrad eines Arbeitsplatzes innerhalb der Grenzen von 10 bis 50 Meterkerzen gelegen ift, ob alfo ein folcher Platz ungenügend beleuchtet ift oder noch ein Uebermafs an Helligkeit befitzt, fo hat *Wingen*[22]) eine diefem Zwecke entfprechende Vorrichtung konftruiert.

Sie befteht aus einem allfeitig gefchloffenen, mit einer Tür verfchloffenen prismatifchen Holzkaften (Fig. 2[23]) von $20 \times 10 \times 17$ cm Abmeffungen. Im Inneren befindet fich unter einem auszieh-

[21]) D. R. P. Nr. 109 897. — Siehe auch: Centralbl. d. Bauverw. 1902, S. 107.

[22]) Siehe: Centralbl. d. Bauverw. 1903, S. 470.

[23]) Fakf.-Repr. nach ebendaf., S. 471.

baren Schornftein R eine Benzinlampe L. Durch das mit Strichmarke M verfehene Fenfterchen G erblickt man an der gegenüberliegenden Kaftenwand über die Flamme hin die mit Hilfe eines Photometers hergeftellte Skala mit den Strichmarken 10, 20, 30, 40 und 50. Stellt man die Flamme mittels einer unter dem Kaftenboden befindlichen Schraube fo ein, dafs ihre Spitze in der Ebene zwifchen der Strichmarke des Fenfters und der Marke 10 der Teilung fteht, fo beleuchtet fie ein bei C_1 befindliches weifses Papierblättchen mit der Helligkeit von 10 Meterkerzen.

Stellt man die Flammenfpitze auf die Marke 20 ein, fo erhält C_1 die Helligkeit von 20 Meterkerzen u. f. w. Dem Blättchen C_1 gegenüber befindet fich aufserhalb des Kaftens auf einer Metallunterlage das ebenfalls weifse Kartenblättchen C_2; letzteres wird mit dem Kaften an den zu unterfuchenden Arbeitsplatz gebracht. Der Unterfuchende beobachtet nun beide Blättchen gleichzeitig durch das Beobachtungsrohr B, welches halb über C_1 und halb über C_2 fteht; dabei kann er ihre Helligkeit unmittelbar miteinander vergleichen. Um Unterfchiede in der Farbe des Lichtes aufzuheben, fo ift in das Rohr B ein rotes Glas eingefügt.

18.
Unterfuchung neu zu fchaffender Räume.

Der *Weber*'fche Raumwinkelmeffer ift nicht nur ein geeignetes Inftrument, um in bereits feftftehenden Räumen den Erhellungsgrad zu prüfen; fondern der von ihm befolgte Grundgedanke läfst fich auch zur Anwendung bringen, um bei projektierten Neubauten fich von vornherein über die Erhellungsverhältniffe der geplanten Räume Auffchlufs zu verfchaffen. Man kann in einfacher Weife beftimmen, wie grofs für eine beftimmte Stelle des zu fchaffenden Raumes die Fenfter- oder fonftige Lichtöffnung fein mufs, damit das Strahlenbündel des Himmelslichtes, welches auf jene Stelle erhellend wirken kann, einem reduzierten Raumwinkel von beftimmter Mindeftgröfse (z. B. 50 reduzierten Raumwinkelgraden) entfpricht.

Wenn für den Punkt A (Fig. 3) des zu fchaffenden Raumes ein gewiffer Erhellungsgrad erreicht werden foll, fo nimmt man zunächft Form und Gröfse der betreffenden Lichtöffnung an. Man nimmt z. B. im Aufrifs die Höhenlage des Fenfterfturzes U an, wodurch die am höchften einfallenden Lichtftrahlen (der obere Grenzftrahl $A' U$) beftimmt find. Ift durch gegenüberliegende Gebäude oder in anderer Weife auch nach unten die Gröfse des Firmamentfeldes, von dem aus Lichtftrahlen unmittelbar nach A gelangen können, begrenzt, fo find auch die am tiefften einfallenden Lichtftrahlen (der untere Grenzftrahl $A' V$) beftimmt. Halbiert man den Winkel $U A' V$, den die beiden Grenzftrahlen miteinander einfchliefsen und welchen *Foerfter*, wie fchon in Art. 13 (S. 14) gefagt worden ift[24]), den Oeffnungswinkel genannt hat, fo gibt die Halbierungslinie $A' O'$ annähernd die lotrechte Projektion des Axialftrahles, und ω' ift der Winkel, den diefe Strahlprojektion mit der Wagrechten bildet.

Ift die Lage des unteren Grenzftrahles nicht ohne weiteres gegeben, fo nimmt man am beften zunächft den Winkel ω' an und zeichnet auf diefer Grundlage den Axialftrahl $A' O'$ und den unteren Grenzftrahl $A' V$ ein.

Bezeichnet man mit ε den Winkel, den die Aufrifsprojektion des oberen Grenzftrahles $A' U$ mit dem Horizont einfchliefst, fo ift der Oeffnungswinkel der beiden Grenzftrahlen $2(\varepsilon - \omega')$.

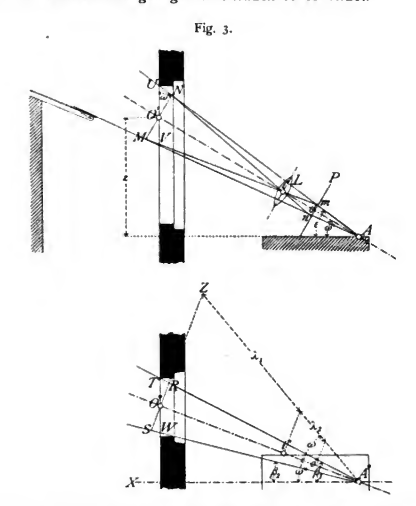
Die Platte P des Raumwinkelmeffers fteht fenkrecht zur Richtung des Axialftrahles $A' O'$, und das darauf entftehende, im Aufrifs durch m und n begrenzte Bild entfpricht nahezu einer durch O' gleichfalls fenkrecht zum Axialftrahl gelegten (d. i. zu P parallelen) Ebene, in welcher die fenkrecht zu $A' O'$ gezogene Gerade $M N$ gelegen ift.

In gleicher Weife kann man auch im Grundrifs Form und Gröfse der Fenfteröffnung annehmen und die beiden Grenzftrahlen $A'' T$ und $A'' W$ einzeichnen.

[24]) Siehe: Einige Grundbedingungen für gute Tagesbeleuchtung in den Schulfälen. Deutfche Viert. f. öff. Gefundheitspfl. 1884, S. 420.

Halbiert man den Winkel $T A'' W$, fo erhält man wieder annähernd die wagrechte Projektion $A'' O''$ des Axialftrahles und zugleich den Winkel ω'', den letztere mit der fenkrecht zur Fenfterwand gezogenen Geraden $A'' X$ bildet.

Fig. 3.



Sind bezw. β_1 und β_2 die Winkel, welche diefe Gerade mit den beiden Grenzftrahlen $A'' T$ und $A'' W$ einfchliefst, fo ift der von letzteren gebildete Winkel $T A'' W = \beta_1 - \beta_2$ und $\omega'' = \frac{\beta_1 + \beta_2}{2}$.

Mit Hilfe der beiden Projektionen des Axialftrahles $A O$ läfst fich der Elevationswinkel ω, den diefer Strahl (im Raume) mit dem Horizont einfchliefst, leicht ermitteln, und zwar ebenfowohl durch Konftruktion wie durch Rechnung.

Durch Konftruktion ift in Fig. 3, Grundrifs $\sphericalangle \omega$ gefunden worden, indem das rechtwinkelige $\triangle O'' Z A''$ eingezeichnet wurde, deffen Kathete $O'' Z = z$ (gleich dem Höhenunterfchiede zwifchen den beiden Punkten A und O) ift. Auf dem Wege der Rechnung läfst fich $\sphericalangle \omega$ aus der Gleichung

$$\cos \omega = \frac{\overline{O'' A''}}{\sqrt{\overline{O'' A''^2} + z^2}}$$

finden.

Allein auch die abfolute Länge l des Axialftrahles $A O$ kann aus den gleichen Elementen gefunden werden.

Diefe läfst fich entweder unmittelbar aus dem eben konftruierten rechtwinkeligen Dreieck $O'' Z A''$ entnehmen, worin $A'' Z = l$ ift, oder fie läfst fich aus einer der beiden Gleichungen

$$l = \sqrt{\overline{A'' O''^2} + z^2}, \quad \text{bezw.} \quad l = \frac{O'' A''}{\cos \omega}$$

berechnen.

Zieht man nun im Grundrifs durch den Punkt O'' die Gerade RS fenkrecht zu AO, fo ift letztere in derfelben zum Axialftrahl fenkrecht geftellten Ebene gelegen wie MN. Durch diefe Ebene und das ihr entfprechende, auf der Platte P erzeugte Bild find zwei Pyramiden beftimmt, deren gemeinfame Spitze durch den optifchen Mittelpunkt i der Linfe L des Raumwinkelmeffers gegeben ift. Die eine davon hat die durch die Punkte M, N, R, S begrenzte Ebene zur Grundfläche, die andere das ihr auf der Platte P entfprechende Bild zur Grundfläche. Beide Pyramiden find einander ähnlich; daher verhalten fich die Inhalte ihrer Grundflächen wie die Quadrate ihrer Höhen, d. i. wie die Quadrate der betreffenden Teile des Axialftrahles. Wenn man fonach die Länge diefes Strahles und eine der Pyramidengrundflächen kennt, fo läfst fich daraus die andere berechnen. Mit anderen Worten: wurden Form und Gröfse der Lichtöffnung angenommen, fo kann man die Gröfse des ihr entfprechenden Bildes auf der Platte P berechnen und unterfuchen, ob die erforderliche Zahl von reduzierten Raumwinkelgraden vorhanden ift. Oder: ift man von letzteren ausgegangen, fo laffen fich die Abmeffungen der erforderlichen Lichtöffnung ermitteln.

Es bezeichne F den Inhalt der durch die Punkte M, N, R, S begrenzten Pyramidengrundfläche, f den Flächeninhalt des ihr entfprechenden Bildes, ferner λ_1 und λ_2 bezw. die Höhen der beiden Pyramiden; alsdann gilt die Proportion

$$F : f = \lambda_1^2 : \lambda_2^2.$$

Hierin ift λ_2 [25]) die Brennweite der Linfe L, welche beim *Weber*'fchen Raumwinkelmeffer (fiehe Art. 14, S. 15) $0{,}1146^{m}$ beträgt; der Teil λ_1 des Axialftrahles kann entweder berechnet oder auf dem Wege der Konftruktion gefunden werden [25]). Die Gröfse von F kann entweder aus Grund- und Aufrifs unmittelbar entnommen oder aus den angenommenen Abmeffungen der Fenfteröffnung, welche den Flächeninhalt $\mathfrak{F}$ haben foll, berechnet werden [26]). Es ift nun weiter zu erwägen, dafs die wirklich nutzbare Fläche der Fenfteröffnung — der Sproffen, der Verglafung u. f. w. wegen (fiehe Art. 10, S. 9) — kleiner als $\mathfrak{F}$ ift, fo dafs infolge diefes Lichtverluftes F auf F_0 entfprechend zu reduzieren ift.

Alsdann ift aus obiger Proportion

$$f = \frac{0{,}1146^2 \, F_0}{\lambda_1} = 0{,}013 \, \frac{F_0}{\lambda_1},$$

und der reduzierte Raumwinkel

$$f' = f \sin \omega$$

oder in *Weber*'fchen Quadratgraden ausgedrückt:

$$f' = \frac{f \sin \omega}{4 \text{ qmm}}.$$

Entfpricht der für den Punkt A fo gefundene Erhellungsgrad f' dem gewünfchten, bezw. erforderlichen, fo ift die Aufgabe gelöft; fonft mufs man auf Grund erneuter Annahmen (veränderter Form und Gröfse der Fenfteröffnung) die vorftehende Unterfuchung fo lange wiederholen, bis der beabfichtigte Erhellungsgrad, d. i. bis der beabfichtigte Wert von f' erreicht ift.

Ift der Elevationswinkel ω durch irgendwelche Verhältniffe gegeben, bezw. zunächft angenommen worden, und geht man ferner von einem beftimmten Erhellungsgrad, d. i. von einem

---

[25]) Die dem Aufrifs unmittelbar zu entnehmenden Längen $O' i'$ und $i' o'$ find die Projektionen der Gröfsen λ_1 und λ_2. Um ihre abfoluten Längen zu finden, ift entweder die im Grundrifs dargeftellte Konftruktion vorzunehmen, oder es ift nach den Gleichungen zu rechnen:

$$\lambda_1 = \frac{O'' i''}{\cos \omega} \quad \text{und} \quad \lambda_2 = \frac{i'' o''}{\cos \omega}.$$

[26]) Im $\triangle \, O' U N$ verhält fich

$$\overline{O' N} : \overline{O' U} = \sin \sphericalangle \, O' U N : \sin \sphericalangle \, O' N U, \quad \text{oder} \quad \overline{O' N} : \overline{O' U} = \cos \varepsilon : \cos (\varepsilon - \omega'),$$

woraus

$$\overline{O' N} = \overline{O' M} = \frac{\overline{O' U} \cos \varepsilon}{\cos (\varepsilon - \omega')} \quad \text{und} \quad \overline{M N} = 2 \, \overline{O' U} \frac{\cos \varepsilon}{\cos (\varepsilon - \omega')}.$$

In gleicher Weife läfst fich aus dem Grundrifs die Länge von RS berechnen, fo dafs fich alsdann der Inhalt der hier rechteckigen Pyramidengrundfläche F ermitteln läfst.

beftimmten Werte des reduzierten Raumwinkels f' aus, fo kann man umgekehrt die erforderlichen Abmeffungen der Fenfteröffnung ermitteln. Aus obiger Proportion folgt

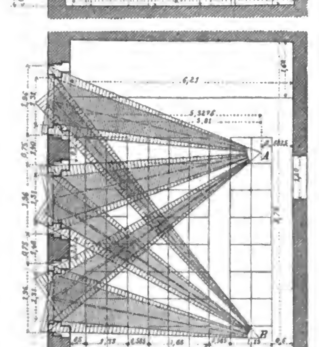
$$F_0 = \frac{f \lambda_1^2}{0{,}_{1146}^2} = 76{,}_{14} f \lambda_1^2 .$$

Die Länge λ_1 kann nach Früherem aus dem Grundrifs entnommen oder berechnet werden, und für f ift der Wert aus der Gleichung

$$f = \frac{f'}{\sin \omega} = \frac{f'}{\sin \omega} \, 4 \text{ qmm}$$

zu benutzen.

Fig. 4.



Aus dem fo gefundenen Werte von F_0 laffen fich Breite und Höhe der Fenfteröffnung ermitteln, fei es auf dem Wege der Konftruktion oder der Rechnung[27]), und hiernach auch der erforderliche Flächeninhalt F_0 der Fenfteröffnung. Nunmehr ift, in Rückficht auf den Lichtverluft durch Sproffen, Verglafung u. f. w., F_0 auf F zu vergröfsern, wodurch Form und Gröfse des betreffenden Fenfters vollftändig beftimmt find.

19.
Beifpiel.

Die praktifche Anwendung des im vorhergehenden Artikel entwickelten Verfahrens foll an einem von *v. Gruber* durchgeführten Beifpiele gezeigt werden.

v. Gruber unterfuchte[28]) u. a. die Erhellungsverhältniffe eines typifchen Volksfchulzimmers in Wien (Fig. 4). Diefes befitzt bei 56 Schülerplätzen $54{,}_{312}$ qm Grundfläche, d. i. $0{,}_{969}$ qm für jeden Schüler, und einen Rauminhalt von $215{,}_{076}$ cbm, d. i. $3{,}_{841}$ cbm für jeden Schüler; der gefamte Flächeninhalt der 3 Fenfter nimmt den 0,28ften Teil der ganzen Fenfterwand ein, und es verhält fich erfterer zu letzterer wie 1 : $5{,}_{64}$.

Zuvörderft wurde einer der ungünftigften Plätze (A) geprüft, und zwar nur mit Rückficht auf das ihm zunächftliegende Fenfter und bei Annahme von wagrechten, 71 cm über dem Fufsboden gelegenen Tifchplatten (Fall I). Es ftellte fich heraus, dafs ein einzelnes Fenfter, felbft wenn feine ganze Fläche für den betreffenden Platz als Lichtöffnung dienen könnte, d. h. wenn dem Fenfter gegenüber bis zur Höhe der Tifchplatte keine das

[27]) Ift z. B. im Aufrifs MN ermittelt, fo find die für die Fenfteröffnung mafsgebenden Höhen $O'U$ und $O'V$ zu berechnen. Aus der Gleichung für $O'N$ in der vorhergehenden Fufsnote folgt

$$\overline{O'U} = \frac{\overline{O'N} \cos(\varepsilon - \omega')}{\cos \varepsilon} .$$

Ferner verhält fich im $\triangle\, O'MV$

$$\overline{O'V} : \overline{O'M} = \sin \sphericalangle\, O'MV : \sin \sphericalangle\, O'VM, \quad \text{oder} \quad \overline{O'V} : \overline{O'N} = \cos(\varepsilon - \omega') : \cos(2\omega' - \varepsilon),$$

woraus

$$\overline{O'V} = \frac{\overline{O'N} \cos(\varepsilon - \omega')}{\cos(2\omega' - \varepsilon)} .$$

Ebenfo laffen fich für den Grundrifs die Breiten $O''T$ und $O''W$ berechnen, fobald RS gegeben, bezw. ermittelt worden ift.

[28]) A. a. O.

Himmelslicht abhaltende Wand vorhanden wäre, nicht genügen würde, um einen reduzierten Raumwinkel von 50 Graden zu ergeben.

Die weiteren 3 Fälle, welche unterfucht wurden, und die Ergebniffe der Unterfuchung find fowohl aus Fig. 4, wie aus der nachftehenden Tabelle zu erfehen:

Fall	Annahmen:					Unterfuchter Platz	Winkel des unterften Grenzftrahles	Oeffnungswinkel	Höhe der Lichtöffnung	Reduzierter Raumwinkel:			
	Pultfläche	Pulthöhe	Zimmerhöhe	Breite	Höhe		in der Aufrifsprojektion gemeffen			1tes	2tes	3tes	zufammen
				des Fenfters						Fenfter			
I	wagrecht	0,77	3,96	1,81	2,45	A	14° 8′	9° 21′	1,05	24,72	24,72	0,96	50,40
II	»	0,77	3,96	1,96	2,95	A	22° 6′	4° 14′	0,53	24,70	24,70	4,79	54,19
III	»	0,77	4,60	1,96	3,495	A	28° 1′	3° 5′	0,42	24,64	24,64	9,23	58,51
IV	in zur Vorderkante fenkrechter Richtung 11° 8′ gegen den Horizont geneigt	0,77	4,60	1,96	3,495	B	26° 16′	4° 5′	0,65	3,53	14,01	31,39	48,01
		Meter							Meter	reduzierte Raumwinkelgrade			

Daraus ift zu erkennen, welchen bedeutenden Einflufs die Vergröfserung der Fenfterbreite, befonders aber jene der Fenfterhöhe, auf die Erhellung der am meiften von der Fenfterwand entfernten Plätze bei Schulzimmern ausübt, die nicht eine vollkommen freie Lage haben. Je gröfser die Fenfterhöhe ift, defto kleiner braucht der Oeffnungswinkel *UA′V* in Fig. 3 der beiden Grenzftrahlen zu fein, um eine ausreichende Raumwinkelgröfse zu erzielen.

Es ift ferner zu erfehen, dafs die Neigung der Pultfläche (Fall IV) einen nicht unwefentlichen Einflufs auf ihre Erhellung ausübt und dafs fie daher auch ftets in Rechnung gezogen werden mufs, wenn man ficher fein will, dafs alle Plätze genügend Licht erhalten.

Literatur

über »Verforgung der Gebäude mit Sonnenlicht«.

On the admiffion on daylight into buildings, particularly in the narrow and confined localities of towns. *Builder*, Bd. 10, S. 363, 387.

PFEIFFER, C. *Light: Its fanitary influence and importance in building.* *Builder*, Bd. 35, S. 739.

MENTZ, R. Beitrag zur Frage der Beleuchtung durch Oberlicht und durch Seitenlicht, mit fpezieller Rückfichtnahme auf Oberlichtfäle und Seitenkabinette in Gemäldegalerien. Deutfche Bauz. 1884, S. 488, 499.

MOHRMANN, K. Ueber die Tagesbeleuchtung innerer Räume. Berlin 1885.

WEBER, L. Intenfitätsmeffungen des diffufen Tageslichtes. Annalen d. Phyfik und Chemie, Bd. 26 (1885), S. 374.

TRELAT. *La fenêtre étudiée comme fource de lumière dans la maifon.* *Revue d'hyg.* 1886, S. 647.

Berichte über den VI. Internationalen Congrefs für Hygiene und Demographie zu Wien 1887. Heft Nr. XI: Mittel, die Gebäude mit Sonnenlicht und Sonnenwärme zu verforgen. Wien 1887.

MENTZ. Berechnung der Tages-Beleuchtung innerer Räume und Maafsftäbe dazu. Deutfche Bauz. 1887, S. 257.

GRUBER, F. v. Die Verforgung der Gebäude mit Sonnenwärme und Sonnenlicht. Wochfchr. d. öft. Ing.- u. Arch.-Ver. 1888, S. 261, 269, 277, 285.

Ueber die Vertheilung von Lichtquellen im Freien und in gefchloffenen Räumen. Wiener Bauind.-Ztg., Jahrg. 7, S. 539, 551.

HOMBURGER, TH. Die natürliche Beleuchtung in den Schulen und der Wert des Raumwinkelmeffers. Inaug.-Differtation der Univerfität Heidelberg 1897.

Verfahren zur Prüfung des Tageslichts bei Arbeitsplätzen. Centralbl. d. Bauverw. 1902, S. 107.
FRIESE. Der Wingen'fche Helligkeitsprüfer. Zentralbl. d. Bauverw. 1903, S. 471.
NUSSBAUM, H. CH. Hygienifche Grundfätze für die Beleuchtung der Aufenthaltsräume. Gefundh.-Ing. 1903, S. 419.
GRUBER, M. Die Verforgung der Schulzimmer mit Tageslicht. Gefundh.-Ing. 1904, S. 285. Zeitfchr. f. Schulgefundheitspfl. 1904, S. 319.
WINGEN, A. Weshalb ift eine Kontrolle der Platzbelichtung in Arbeitsräumen durchaus erforderlich? Gefundh.-Ing. 1904, S. 1.
NUSSBAUM, H. CH. Weshalb ift eine Kontrolle der Platzbelichtung in Arbeitsräumen durchaus erforderlich? Gefundh.-Ing. 1904, S. 185.
MORITZ, M. Ueber die Tagesbeleuchtung der Schulzimmer. Jena 1905.
WINGEN, A. Weshalb ift eine Kontrolle der Platzbelichtung in Arbeitsräumen durchaus erforderlich? Gefundh.-Ing. 1905, S. 144.

---

2. Kapitel.

Verforgung der Gebäude mit Sonnenwärme.

20. Allgemeines.

Die Sonnenftrahlen find für unfere Bauwerke nicht allein als Quelle der Tageserhellung von Bedeutung; vielmehr üben fie auf fie noch eine Reihe von anderen Einflüffen aus, von denen die Einwirkung der Sonnenwärme am wichtigften ift. Bei unferen Wohnungen, bei Krankenfälen, bei Kafernenräumen u. f. w. fucht man weit mehr die Wärme der Sonnenftrahlen als ihr Licht; das letztere geht den Räumen ohnedies durch die Diffufion der Atmofphäre zu, auch wenn die unmittelbare Beftrahlung abgewendet wird; derlei Räume entbehren aber der ftrahlenden Wärme gänzlich, fobald fie der unmittelbaren Befonnung völlig entzogen find.

Für die Zwecke des Wohnens, für Räume, die zum Aufenthalt von Kranken, Gefangenen, Soldaten u. f. w. dienen follen, fucht man fonnige Räume, während diejenigen, deren Befchäftigung befonders helles und ftändiges Tageslicht verlangt (wie Maler, Zeichner, Bildhauer u. f. w.), mit ihren Arbeitsräumen den unmittelbaren Sonnenftrahl geradezu fliehen. In der erftgedachten Gattung von Räumen wird unmittelbar einfallendes Sonnenlicht feiner Wärmeftrahlung wegen angeftrebt; die unmittelbaren Lichtftrahlen hingegen beftrebt man fich — zur Schonung der Sehorgane — möglichft abzuhalten.

Das Gefagte gilt hauptfächlich für die klimatifchen Verhältniffe der gemäfsigten, wohl auch der kälteren Zonen; anders ift es in heifseren Gegenden. Der Südländer baut fein Haus zum Schutze gegen die Sonne, weil er den gröfseren Teil des Jahres von einer ftarken Sonnenbeftrahlung zu leiden hat; der Nordländer befindet fich im umgekehrten Falle und fucht in den höchften Breitegraden durch Eingraben in den Boden die Erdwärme auszunutzen, während der Bewohner der gemäfsigten Erdftriche vor allem der Sonnenwärme zuftrebt. Schon die Baumeifter des Altertumes haben auf diefe Verhältniffe Rückficht genommen: je nach dem Zwecke der von ihnen errichteten Bauten fetzten fie diefe entweder der Einwirkung der Sonnenftrahlen aus oder fchützten fie davor.



21. Einflufs der Befonnung.

Der Einflufs der Beftrahlung unferer Gebäude durch die Sonne — der fog. Infolation — ift ein vielfacher:

1) Der Einflufs, den die Sonne auf den menfchlichen Organismus ausübt, ift im allgemeinen ein fördernder und gunftiger. Nach *Clément*[29]) ift die Summe von

[29]) Siehe: VI. Internationaler Congrefs für Hygiene und Demographie zu Wien 1887. Arbeiten der hygienifchen Sectionen. Heft Nr. XI. Wien 1887.

Energie, welche der Erde in den leuchtenden, wärmenden und chemifchen Strahlen der Sonne zugeführt wird, die Quelle der Kraft aller organifchen Wefen, alfo auch des Menfchen.

2) Im Dunkeln fcheidet der menfchliche Organismus weniger Kohlenfäure aus als im Licht, was den Stoffwechfel vermindert und felbft mit Gewichtszunahme verbunden ift, indes nicht als ein Beweis gedeihlicher Abwickelung des Lebensprozeffes bezeichnet werden kann.

3) Die Wärmeftrahlen der Sonne wirken trocknend auf die Umfchliefsungen der betreffenden Räume. Schlagregen, welche ein Gebäude treffen, dunften viel rafcher von befonnten Flächen ab als von den Schattenfeiten, welche überdies mit ihrem Fufse noch längere Zeit in Schnee, Eis und Oberflächenwaffer eintauchen. Auch die Bodenfeuchtigkeit, welche in den Wänden emporfteigt, wird in befonnten Wänden rafcher unfchädlich gemacht als in befchatteten.

4) Durch die Erfahrung fowohl wie durch genaue Meffungen ift erhärtet, dafs ein von der Sonne befchienener Raum unter fonft gleichen Verhältniffen eine beffere Luftbefchaffenheit aufweift als ein nicht unmittelbar beftrahlter, dunkler.

Hierbei fpielt unter allen Umftänden das eben erwähnte Austrocknen der Wände und die dadurch geförderte Lufterneuerung eine Hauptrolle. Allein auch die chemifchen Lichtftrahlen wirken auf die leicht zerfetzbaren, gas- und dunftförmigen, fowie auf die feften Ausfcheidungsftoffe, welche der Menfch durch den Lebensprozefs an die Luft abgibt, derart ein, dafs die letztere rafcher gereinigt wird. Es ift ferner ziemlich wahrfcheinlich, dafs die phyfiologifchen Vorgänge des menfchlichen Körpers von der unmittelbaren Wirkung des Lichtes abhängen und dafs die Gröfse diefer Wirkung von der Menge der auf jenen einwirkenden chemifchen Strahlen abhänge.

5) Gewiffe Mikroorganismen, namentlich auch folche, welche die Träger der Infektionskrankheiten bilden, fterben nach *Duclaux'* Unterfuchungen [30]) unter dem Einfluffe des unmittelbaren Sonnenlichtes rafcher ab als im Dunkeln.

6) Endlich ift noch der Einflufs der Sonnenftrahlen auf die Gemütsftimmung des Menfchen hervorzuheben: fonnenklare Tage wirken anders als trübe, helle Räume anders als dunkle auf das menfchliche Gemüt, haben alfo auch auf das körperliche Befinden Einflufs.

22.
Stellung der Räume.

Hiernach ift der wohltätige Einflufs der Befonnung auf die in unferen Gebäuden zu fchaffenden Räume nicht zu bezweifeln; fraglich kann nur fein, in welchem Mafse wir fie ausnutzen können, bezw. follen.

Das einzige Mittel, die Wirkung der Sonnenftrahlen für unfere Räume auszunutzen oder fie von den letzteren abzuhalten, befteht in der richtigen Orientierung diefer Räume, d. i. in der Wahl der geeignetften Lage zu den Himmelsrichtungen. Demnach werden fich die nachfolgenden Unterfuchungen nur um die Frage drehen können, welche Stellung wir unferen Gebäuden, welche Lage wir den darin befindlichen Räumen im allgemeinen zu geben haben, damit ihnen die Sonnenwärme entweder in weitgehendfter Weife zu gute komme oder damit fie ihr tunlichft entzogen feien. Die befondere Nutzanwendung der zu entwickelnden Regeln auf die Anlage der Gebäude wird zum Teile in Teil IV, Halbband 1 diefes »Handbuches« vorzunehmen fein; im befonderen wird dies hauptfächlich bei Befprechung der einzelnen Gebäudearten (in Halbband 2 bis 8 des genannten Teiles) mit Rückficht auf die jeweilige Eigenart der zu fchaffenden Räume zu gefchehen haben. Auch die Frage der Orientierung der ftädtifchen Strafsen und ihrer Breite fteht mit

[30]) Siehe: *Comptes rendus*, Bd. 101 u. 102.

den nachftehenden Unterfuchungen in gewiffem Zufammenhang; hiervon wird in Teil IV, Halbband 9 (Städtebau) diefes »Handbuches« die Rede fein.

23.
Infolations-verhältniffe.

Ueber die durch die Befonnung unferer Gebäude hervorgerufenen Einwirkungen find bisher verhältnismäfsig wenige wiffenfchaftliche Unterfuchungen angeftellt worden. Zuerft fcheint es *Knauff* gewefen zu fein, der aus beftimmtem Anlafs[31]) fich, unter Beihilfe *Valentiner*'s, mit diefer Frage befafst hat. Bald darauf und unabhängig von *Knauff* hat *Vogt* denfelben Gegenftand theoretifch und experimentell behandelt. Im nachftehenden werden zunächft die *Knauff*'fchen Unterfuchungen vorgeführt werden, und zwar hauptfächlich auf Grund der von *v. Gruber* in der unten genannten Quelle[32]) gegebenen Entwickelung. Später wird auch noch der *Vogt*'fchen Arbeiten gedacht werden.

Knauff berechnete zunächft, auf *Pouillet*'s Angaben fich ftützend, die Wärmemenge, welche durch die unmittelbare Einwirkung der Sonnenftrahlen auf die vier Seitenflächen eines Würfels von 1 m Seitenlänge zugeführt wird; dabei wurde vorausgefetzt, dafs der Würfel unter 49 Grad nördlicher Breite aufgeftellt fei, dafs feine Seitenflächen genau nach Nord, Oft, Süd und Weft gerichtet feien und dafs die Sonnenwärme bei freiem Horizont und bei vollkommen klarer Atmofphäre zugeführt werden könnte.

Bei der Berechnung wurde berückfichtigt, dafs die Wirkung der Wärmeftrahlen nicht allein nach ihrem Einfallswinkel fehr bedeutend wechfelt, fondern dafs auch der Wärmeverluft umfo bedeutender fein mufs, je gröfser die Luftfchicht ift, welche die Strahlen zu paffieren haben, bis fie zur Erdoberfläcne gelangen. Ferner wurde die Beftrahlung der oberen Würfelfläche unberückfichtigt gelaffen, weil *Knauff* einen Saal zu Grunde legte, über deffen wagrechter Balkendecke fich das Dach erhebt; hierdurch ift über der Decke eine ifolierende Luftfchicht gebildet, welche die Einwirkung der Sonnenftrahlen wefentlich verringert.

Die Berechnung gefchah für die vier hervortretenden Tage des Jahres: für die beiden Tage der Tag- und Nachtgleiche (Aequinoktien) und für die beiden Tage der Sonnenwende (Solftitien); die Ergebniffe find in nachfolgender Tabelle zufammengeftellt:

Unter 49 Grad nördlicher Breite. — Am Tage der:	An der			Verhältnis zwifchen Südfeite zu Oft- (oder Weft-) feite
	Oft- oder Weftfeite je	Südfeite	Nordfeite	
Sommerfonnenwende	2600,57	1904,364	467,690	1 : 1,368
Tag- und Nachtgleichen	1534,17	3375,256	—	1 : 0,4564
Winterfonnenwende	358,24	1965,750	—	1 : 0,182
	Wärmeeinheiten			

Diefe Zufammenftellung zeigt, dafs die Oft- und die Weftfeite zur Zeit der Sommerfonnenwende das Uebergewicht haben, nicht nur gegen die Südfeite allein, fondern auch gegenüber der Süd- und Nordfeite zufammengenommen. Hingegen ift bereits zur Zeit der Tag- und Nachtgleiche die Südfeite im Uebergewicht; in noch höherem Mafse ift dies am Tage der Winterfonnenwende der Fall.

[31]) Bei den Vorarbeiten für den Bau des akademifchen Krankenhaufes zu Heidelberg. — Siehe hierüber: KNAUFF, F. Das neue academifche Krankenhaus in Heidelberg. München 1879. S. 6 ff.

[32]) VI. Internationaler Congrefs für Hygiene und Demographie zu Wien 1887. Arbeiten der hygienifchen Sectionen. Ergänzungen zu den Heften 1—18, 20, 21 u. 33. Anhang zum Thema XI. Wien 1888. S. 57 ff. (Auch abgedruckt in: Wochfchr. d. öft. Ing.- u. Arch.-Ver. 1888, S. 261.)

Des weiteren berechnete *Knauff* die geſamte Beſonnungswärme, welche dem gedachten Würfel bei reiner Atmoſphäre zugeführt werden könnte, in den vier Zeitabſchnitten, wie ſie ſich für die klimatiſchen Verhältniſſe des oberen Rheintales (nach den meteorologiſchen Beobachtungen zu Karlsruhe) herausſtellen. Die Ergebniſſe dieſer Rechnung ſind aus nachſtehender Zuſammenſtellung zu erſehen:

Zeitabſchnitt:	Dauer	Oſt- oder Weſtſeite (O oder W)	Südſeite (S)	Nordſeite (N)
Heiſse Jahreszeit (vom 22. Juni bis 26. Auguſt)	66	146 065 $\left(+ 55\,776 \text{ als } \frac{S+N}{2}\right)$	180 577	
Herbſtübergangszeit (vom 27. Auguſt bis 1. Oktober)	35	58 038 $\left(+ 1087 \text{ als } \frac{S+N}{2}\right)$	113 901	
Heizperiode (vom 2. Oktober bis 15. Mai)	227	257 310	622 003 (+ 365 693)	—
Frühlingsübergangszeit (vom 16. Mai bis 21. Juni)	36	87 027	92 593 (+ 5 512)	—
Heiz- und Frühlingsperiode zuſammen	263	344 337	714 596 (+ 371 205)	—
	Tage	Wärmeeinheiten		

Die hier mitgeteilten Zahlen ſind nicht ohne weiteres anwendbar, weil zwar in der Rechnung einige Abſchwächungen der Strahlenwärme berückſichtigt, allein die weſentlichen Abſchwächungen, welche die Sonnenſtrahlen erfahren, bevor ſie in das Innere unſerer Gebäude gelangen, zunächſt vernachläſſigt werden. Eine der wichtigſten Abſchwächungen erfahren die Sonnenſtrahlen durch die Bewölkung des Himmels, durch welche für längere Zeitabſchnitte des Jahres die Klarheit des Himmels zum Teile bedeutend eingeſchränkt, zum Teile ganz aufgehoben wird. *Knauff* glaubt nun der Wirklichkeit ziemlich nahe zu kommen, wenn er die berechneten Vollwerte der Beſtrahlung im Verhältniſſe der Bewölkung herabmindert. Wenn wieder die Karlsruher Verhältniſſe zu Grunde gelegt werden, ſo ergeben ſich für die verſchiedenen Zeitabſchnitte, wenn man die durch die Bewölkung hervorgerufenen Verluſte in Abzug bringt, die nachſtehend zuſammengeſtellten Reſte an Strahlungswärme für die einzelnen Würfelſeiten:

Zeitabſchnitt:	Verluſt durch Bewölkung	Oſt- oder Weſtſeite (O oder W)	Südſeite (S)	Nordſeite (N)
Vom 22. Juni bis 26. Auguſt	49	74 493 $\left(+ 18\,446 \text{ als } \frac{S+N}{2}\right)$	92 094	
» 27. Aug. bis 1. Oktober	44	32 501 $\left(+ 609 \text{ als } \frac{S+N}{2}\right)$	—	
» 2. Oktober bis 15. Mai	68	82 339	199 041 (+ 116 702)	—
» 16. Mai bis 21. Juni	62	33 070	35 165 (+ 2 095)	—
Vom 2. Oktober bis 21. Juni	—	115 409	234 206 (+ 118 797)	—
	Vomh.	Wärmeeinheiten		

Ein weiterer Verluſt an Strahlungswärme entſteht beim Durchgange der Sonnenſtrahlen durch die Raumumſchlieſsungen und durch die darin angebrachten Fenſter.

Durch die ersteren wird in den meisten Fällen nur ein sehr geringer Teil der Wärmestrahlen, welche auf ihre Aufsenflächen auffallen, nach innen übertragen; der Verlust wird je nach Material und Konstruktion der betreffenden Mauern oder sonstigen Wände und je nach ihrem Trockenheitsgrade ziemlich verschieden sein; indes fehlen hierüber zuverlässige Zahlenangaben. Durch die Fenster gehen die leuchtenden Wärmestrahlen ungeschwächt durch; die dunkeln hingegen werden zum gröfsten Teile zurückgehalten; doch erwärmen letztere das Glas, und die von diesem aufgenommene Wärme wird zum Teile an die Innenluft des betreffenden Raumes abgegeben.

Auf einschlägigen Beobachtungen und Rechnungen fufsend, nimmt *Knauff* an, dafs bei mittelgrofsen Gebäuden gewöhnlicher Bauart etwa ein Fünftel der gesamten, an die Raumumschliefsungen (einschl. der Fenster) gelangenden Strahlungswärme auf das Innere übergeht. Berücksichtigt man nun auch noch den eben besprochenen durch die Bewölkung erzeugten Verlust, so beträgt der Anteil der Strahlungswärme, welcher tatsächlich nach innen abgegeben wird, für 1 qm etwa ein Zwölftel der in der Zusammenstellung auf S. 26 angegebenen Werte.

Der nicht unbeträchtliche Wärmeanteil, welcher zwar in die Aufsenschichten der Umfassungswände eindringt, aber im Inneren nicht fühlbar wird, bringt zu einem Teile die Verdunstung der Mauerfeuchtigkeit hervor, trägt sonach zum Austrocknen der Umfassungswände bei; zum anderen Teile wird die von letzteren aufgenommene Wärme, sobald die Besonnung aufgehört hat, wieder an die umgebende Aufsenluft abgegeben.

24. Folgerungen

Aus den vorstehenden Untersuchungen lassen sich die folgenden Ergebnisse ableiten.

1) Soll fur einen Raum — in Rücksicht auf seine Bestimmung — die Sonnenwärme möglichst weitgehend ausgenutzt werden, so ist es am vorteilhaftesten, wenn er nach allen vier Himmelsrichtungen freisteht und in jeder der Umfassungsmauern Fenster erhält. Allerdings wird an der Nordseite (siehe die Zusammenstellung auf S. 25) nur um die Zeit der Sommersonnenwende die Sonnenbestrahlung sich fühlbar machen, immerhin aber in nicht unbedeutender Weise.

In der Praxis wird hiervon verhältnismäfsig nur selten Anwendung gemacht werden können, da man Räume in nur wenigen Fällen nach allen vier Seiten freistellen kann.

2) Ist ein Raum zu schaffen, der nach drei Seiten freisteht, und soll auch für diesen die Einwirkung der Sonnenwärme tunlichst nutzbar gemacht werden, so lasse man seine nach Norden gerichtete Umschliefsungswand an die benachbarten Gebäudeteile stofsen und ordne in jeder der drei anderen Wände Fenster an. Hat man bezüglich der Abmessungen dieses Raumes eine gewisse Wahl, so trachte man aus Gründen, die unter 3 erörtert werden sollen, die Abmessung von Ost nach West tunlichst lang zu machen.

3) Wenn ein Raum nur an zwei gegenüberliegenden Seiten freisteht, wenn er also durch die ganze Gebäudetiefe hindurchgeht, und wenn darin möglichst viel Sonnenwärme erwünscht ist, so wird man ihn naturgemäfs an diesen beiden (in der Regel Lang-) Seiten mit Fenstern versehen. Es entsteht jedoch die Frage, ob man den Raum so zu stellen hat, dafs die Fenster nach Nord und Süd, oder in solcher Weise, dafs sie nach Ost und West gerichtet sind; mit anderen Worten: ist die Längsachse des Raumes ost-westlich oder nord-südlich zu stellen?

Fafst man zur Beantwortung dieser Frage die Ergebnisse der im vorhergehenden

Artikel vorgeführten Unterfuchungen zufammen, fo laffen fich letztere[33]) für Orte, die zwifchen 40 und 60 Grad nördlicher Breite gelegen find, in folgenden zwei Punkten feftftellen:

α) Bei nord-füdlicher Achfenftellung erhält der Raum im Laufe eines Jahres mehr Sonnenftrahlungswärme als bei oft-weftlicher Achfenftellung, und zwar im Verhältnis von etwa 11 : 10. Indes kommt diefes Mehr an Wärme nur in der warmen Jahreszeit zur Wirkung, ift fonach kein eigentlicher Gewinn.

β) Wenn hingegen die Achfe des Raumes von Oft nach Weft gerichtet ift, fo erhält er während der ganzen Dauer der kühlen und kalten Jahreszeit (d. i. während der Zeit des Heizens[34]) eine abfolut gröfsere Menge von Sonnenftrahlungswärme als bei nord-füdlicher Achfenftellung, und zwar im Verhältnis von etwa 6 : 5.

Hieraus geht ohne weiteres hervor, dafs in den genannten Breitegraden die in Rede ftehenden Räume mit ihrer Längsachfe von Oft nach Weft zu ftellen, dafs alfo ihre beiden Fenfterwände nach Nord und Süd zu richten find, fobald es auf eine tunlichft zweckentfprechende Ausnutzung der Infolation ankommt. Denn wenn auch bei nord-füdlicher Achfenftellung für das ganze Jahr eine gröfsere Gefamtwärme zu erzielen ift, fo ift das erzielte Mehr vom gefundheitlichen Standpunkte wertlos. Die Sonnenwärme ift von diefem Gefichtspunkte aus nur in der kühlen und kalten Jahreszeit, welche in den gedachten Breitegraden ca. $^{3}/_{5}$ des Jahres andauert, von Wert; im Hochfommer hingegen erreicht die äufsere Temperatur fchon eine folche Höhe, dafs man es als einen Vorteil anfehen mufs, wenn den Innenräumen durch die Sonnenftrahlen möglichft wenig Wärme zugeführt wird. Mit anderen Worten: bei oft-weftlicher Achfenftellung wird der Raum im Sommer von der Sonne weniger, im Winter mehr erwärmt als bei nord-füdlicher Stellung.

Bei oft-weftlicher Stellung der Raumachfe erreicht man auch noch den weiteren Vorteil, dafs die fonft von Often und Weften während des ganzen Jahres flach einfallenden Morgen- und Abendftrahlen gänzlich vermieden werden; diefe Strahlen wirken auf das menfchliche Auge läftig und unangenehm und müffen meift durch Vorhänge u. f. w. abgeblendet werden, fo dafs im Winter ihr wärmender Einflufs ohnedies verloren geht.

Vogt gelangte bei feinen in Art. 23 (S. 25) bereits erwähnten Unterfuchungen[35]) bezüglich der in Rede ftehenden Räume zu dem gerade entgegengefetzten Ergebnis; darnach ift die nord-fudliche Achfenftellung der oft-weftlichen vorzuziehen, fo dafs die Fenfter nach Oft und Weft zu richten wären. Es würde hier zu weit führen, die Unrichtigkeiten in den *Vogt*'fchen Arbeiten nachzuweifen; es ift dies durch *v. Gruber*[36]) gefchehen und kann in deffen Schrift nachgefehen werden. Sonach werden die oben entwickelten Schlufsfolgerungen durch die *Vogt*'fchen Unterfuchungen nicht widerlegt.

4) Kann ein Raum nur in einer Umfchliefsungswand Fenfter erhalten, fo wird die Einwirkung der Strahlungswärme der Sonne dann am meiften ausgenutzt, wenn man die Fenfterwand nach Süden richtet.

Deshalb hält man vom gefundheitlichen Standpunkte aus für unfere Wohnungen vielfach die Südfeite für die angenehmfte und gefundefte. In der Tat zeichnen fich die nach Süden gelegenen Zimmer vor den anderen in mancherlei Beziehung aus. Sie erhalten während des ganzen

---

[33]) Nach: Knauff, a. a. O., S. 23.

[34]) Welche im Gebiet des Oberrheins (fiehe die Tabelle auf S. 26) 227 Tage andauert

[35]) Vogt, A. Ueber die Richtung ftädtifcher Strafsen nach der Himmelsgegend und das Verhältnifs ihrer Breite zur Häuferhöhe etc. Zeitfchr. f. Biologie 1879, S. 319 — und: Refultate von Verfuchen über die Einwirkung der Wärmeftrahlen der Sonne auf die Hauswandungen. Ebendaf., S. 605.

[36]) A. a. O.

Jahres reichliches, ftrahlendes Sonnenlicht, insbefondere während der kalten und Uebergangszeit; die wohltuende Wärme der Sonnenftrahlen kommt gerade in diefer Jahreszeit in folchen Räumen ganz befonders zur Wirkung. Im Sommer find Südzimmer zwar wärmer als die nach Norden und Often, aber kühler als die nach Weften gelegenen; allein auch während der gröfsten Hitze find fie mit verhältnismäfsig einfachen Mitteln bei leidlicher Temperatur zu erhalten; die Luft bleibt während des ganzen Jahres viel leichter rein und frifch; dumpfer, kelleriger Geruch und feuchte Wände find am feltenften[37]).

5) Sollen Räume, die gleichfalls nur in einer Umfchliefsungswand Fenfter erhalten können, bezw. follen, der unmittelbaren Wirkung der Sonnenftrahlung entzogen werden, fo find diefe Fenfter nach Norden zu richten. Daher wird für Zeichen- und Modellierfäle, für Arbeitsftätten von Malern, Bildhauern u. f. w. mit Vorliebe die Nordfeite gefucht und gewählt.

6) Auch Räume, welche, in Rückficht auf ihre Beftimmung, der Wärmewirkung der Sonnenftrahlen tunlichft entzogen werden follen, ordne man mit der Fenfterfeite gegen Norden zu an. Dahin gehören vor allem jene Räume, in denen man Arbeiten bei möglichft konftanter Temperatur auszuführen hat, ferner folche, welche tunlichft kühl gehalten werden follen.

Kann man auf die Lichtwirkung der Sonnenftrahlen verzichten, fo wird man dem beabfichtigten Zwecke noch beffer entfprechen, wenn man den betreffenden Raum an keine der Aufsenfeiten des Gebäudes legt, fondern ihn im Gebäudeinneren anordnet. Ift folches nicht möglich, fo fehe man vom Anbringen von Fenftern gänzlich ab und wähle für die Raumumfchliefsung eine Konftruktion, welche das Uebertragen der Sonnenwärme nach innen tunlichft abhält.

Literatur

über »Verforgung der Gebäude mit Sonnenwärme«.

KNAUFF, F. Das neue academifche Krankenhaus in Heidelberg. München 1879. S. 6 ff.

VOGT, A. Ueber die Richtung ftädtifcher Strafsen nach der Himmelsgegend und das Verhältnifs ihrer Breite zur Häuferhöhe, nebft Anwendung auf den Neubau eines Kantonsfpitals in Bern. Zeitfchr. f. Biologie 1879, S. 319.

VOGT, A. Refultate von Verfuchen über die Einwirkung der Wärmeftrahlen der Sonne auf die Hauswandungen. Zeitfchr. f. Biologie 1879, S. 605.

Die Wirkungen der Infolation auf Hauswandungen. Eifenb., Bd. 13, S. 27.

VI. Internationaler Congrefs für Hygiene und Demographie zu Wien 1887. Arbeiten der hygienifchen Sectionen. — Heft 11: Mittel, die Gebäude mit Sonnenlicht und Sonnenwärme zu verforgen. — Ergänzungen zu den Heften 1—18, 20, 21 u. 23. Wien 1887—88.

Ueber die Stellung des Haufes. Wiener Bauind.-Ztg., Jahrg. 7, S. 85.

---

37) Siehe: KNAUFF, a. a. O., S. 6.

B. Künftliche Beleuchtung der Räume.

Der Erhellung der gefchloffenen Räume durch Sonnenlicht fteht ihre künftliche Beleuchtung gegenüber. Die letztere kann, je nach den Mitteln zur künftlichen Lichterzeugung, in äufserft mannigfaltiger Weife gefchehen. Kerzenlicht, Oelbeleuchtung, Erhellung mittels Magnefium-, Kamphin-, Photogen-, Amylazetat- und Paraffinlicht, Beleuchtung mittels Steinkohlengas, Acetylen, Naphthaäther, Solaröl, Oelgas, Holzgas, Boghead-Gas, Petroleum, Spiritus, die elektrifche Beleuchtung u. f. w. find bald in gröfserem, bald in kleinerem Mafsftabe zur Anwendung gekommen. Indes ift für den Architekten zur Zeit nur die »Gasbeleuchtung« und die »elektrifche Beleuchtung« von Wichtigkeit.

---

3. Kapitel.

Künftliche Beleuchtung im allgemeinen.

Von Dr. phil. u. Dr.-Ing. EDUARD SCHMITT.

25.
Anfprüche der Hygiene.

Die künftliche Beleuchtung vermag in hygienifcher Beziehung keinen vollwertigen Erfatz für die Erhellung mittels Sonnenlicht zu bieten, obwohl erftere gegenwärtig bereits fehr weitgehenden Anfprüchen gerecht wird. Auch mufs ftets im Auge behalten werden, dafs diefer Erfatz immer mit meift nicht unbedeutenden Koften verbunden ift.

Nach *Nufsbaum*[38]) können die Anfprüche, welche vom hygienifchen Gefichtspunkte aus an die künftliche Beleuchtung unferer Räume zu ftellen find, in zwei Gruppen gebracht werden, nämlich:

a) Gruppe I.

1) Die Lichtmenge, bezw. der Erhellungsgrad foll dem jeweiligen Zwecke genau entfprechen; fie darf weder zu gering, noch übermäfsig grofs gewählt werden.

2) Die Lichtquelle foll dem Auge ausreichend entzogen fein.

3) Die Farbe des künftlichen Lichtes foll im allgemeinen derjenigen des Tageslichtes ähnlich fein. Allerdings kann für befondere Zwecke ein Wechfel der Farbe zum Erfordernis werden.

4) Das künftliche Licht foll gleichmäfsig und ruhig brennen. Aufzucken, Flackern, ftändiges oder häufiges Wechfeln des Helligkeitsgrades ermüden das Auge nicht allein, fondern fchädigen es auch.

5) Für gewiffe Innenräume ift es von Wichtigkeit, dafs die von der Licht-

---

[38]) In: Gefundh.-Ing. 1903, S. 420.

quelle gelieferte Lichtmenge richtig verteilt und die Schattenbildung tunlichſt abgeſchwächt iſt.

b) Gruppe II.

6) Die Beleuchtungskörper ſollen keine beläſtigende Wärme entwickeln.

7) Durch die künſtliche Beleuchtung dürfen keinerlei unangenehme oder gar ſchädliche Verbrennungsprodukte, vor allem keine Gifte entſtehen.

8) Exploſionen ſollen ausgeſchloſſen ſein.

9) Ebenſo ſoll die künſtliche Beleuchtung keine Feuersgefahr herbeiführen.

26. Erhellungsgrad.

Zu a, 1: Für verſchiedene Zwecke wird auch ein verſchiedener Helligkeitsgrad erfordert. Wie bereits in Art. 15 (S. 16) angedeutet, ſind für feinere Arbeiten 50, für Naharbeiten etwa 20 bis 25 Meterkerzen notwendig; für andere Zwecke begnügt man ſich mit einer noch mäſsigeren Erhellung, geht auf 10 Meterkerzen, bei Nebenräumen und dergl. noch weiter herab. In Feſträumen hingegen wird in der Regel eine »glänzende« Beleuchtung verlangt, wobei man alſo weit über das angegebene Höchſtmaſs wird hinausgehen müſſen.

Im letzteren Falle wird auch eine möglichſt gleichmäſsige Verteilung des Lichtes gewünſcht, während für Fein- und Naharbeit die Lichtquelle vor allem den betreffenden Arbeitsplatz ausreichend erhellen ſoll. In der Regel wird man deshalb die Lichtquelle dieſem Platze tunlichſt nahe bringen, ſie aber dem Auge verbergen oder doch aus dem Bereiche der Augen bringen.

Einen gröſseren Erhellungsgrad zu ſchaffen, als notwendig iſt, erſcheint in erſter Reihe als unwirtſchaftlich; allein es kann dadurch auch auf das Auge eine ſchädigende Wirkung ausgeübt werden, namentlich dann, wenn die Lichtquelle nicht ausreichend verhüllt iſt[39]).

27. Verbergen der Lichtquelle.

Zu a, 2: Damit ſind wir bei der Anforderung 2 der Gruppe a angekommen. Das Auge ſoll von der Lichtquelle nicht geblendet werden, was am vollkommenſten erreicht wird, wenn ſie ihm nicht ſichtbar iſt. Das Bedürfnis, die Lichtquelle zu verhüllen oder ſie in anderer Weiſe für das Auge unſichtbar zu machen, nimmt mit dem Glanze des Lichtes zu. Beim Blenden durch Sonnenlicht ſind es vorwiegend die kurzwelligen violetten und ultravioletten Strahlen, welche das Blenden der Augen hervorbringen. Da das elektriſche Bogenlicht 10mal mehr blaue und violette Strahlen enthält als Gas- und Petroleumflammen, ſo iſt es am meiſten zu fürchten. Gas-, Petroleum- und elektriſches Glühlicht ſind arm an kurzwelligen Strahlen; aber auch ſie erzeugen unter Umſtänden für das Auge ein peinigendes Gefühl.

Der Wunſch, den das Auge ſchädigenden Anblick der Lichtquelle gänzlich zu vermeiden, war der Hauptanlaſs, letztere ganz unſichtbar zu machen und den Raum durch Lichtſtrahlen zu erhellen, welche von den reflektierenden Decken- und Wandflächen, unter Umſtänden auch von anderen Flächen, zurückgeworfen werden. Die von der völlig verborgenen Lichtquelle ausgehenden Lichtſtrahlen fallen zunächſt auf jene reflektierenden Flächen auf, werden zerſtreut, und der betreffende Raum wird in ähnlicher Weiſe durch diffuſes Licht erhellt wie bei der Erhellung mittels Tageslicht.

Auf ſolche Weiſe entſteht die ſog. mittelbare oder indirekte Beleuchtung geſchloſſener Räume, während die meiſt übliche Erhellungsart die unmittelbare oder direkte genannt wird. Bei der künſtlichen Beleuchtung haben ſonach die

[39]) Siehe das Referat *Cohn's* auf der X. Verſammlung des Deutſchen Vereines für öffentliche Geſundheitspflege »Ueber künſtliche Beleuchtung« in der Vierteljahrsſchrift dieſes Vereines 1883, S. 623.

Bezeichnungen »unmittelbar« und »mittelbar«, »direkt« und »indirekt« eine andere Bedeutung wie bei der Erhellung mittels Sonnenlicht. (Siehe Art. 4, S. 6.)

Wie im nachftehenden noch gezeigt werden wird, verfolgt man bei der Anwendung der indirekten Beleuchtung noch andere Ziele als das eben angedeutete. In Kap. 4 u. 5 wird im wefentlichen die direkte Erhellung mittels Leuchtgas und mittels elektrifchen Lichtes vorgeführt werden, während Kap. 6 der indirekten Beleuchtung gewidmet fein wird.

Für das Wohnhaus wird die letztgenannte nur felten in Betracht kommen.

28.
Farbe
des
Lichtes.

Zu a, 3: Die Farbe des Lichtes ift gleichfalls von gefundheitlicher Bedeutung. Die Gemütsftimmung wird von ihr beeinflufst, und fchädigende Lichtreize können durch fie ebenfo vermehrt wie herabgemindert werden.

Nach *Nufsbaum*[40]) bietet weifses Licht die gröfste Helligkeit und ift dort unentbehrlich, wo es fich um ficheres Erkennen von Farben handelt. Schwach gelbliches Licht pflegt uns willkommener zu fein, weil es die Stimmung hebt; es reizt aber das Auge noch mehr als weifses Licht. Durch fchwach rotes Licht wird zwar der Erhellungsgrad erheblich verringert; doch ift es in Wohnräumen und Feftfälen von Wert, weil es die menfchliche Hautfarbe fchön und reizvoll erfcheinen läfst. Mit fchwach grünlichem Licht erreicht man die gegenteilige Wirkung; die Stimmung wird dadurch ernfter, und folches Licht ift für Wohnräume unbrauchbar. Hingegen ift fchwach bläuliches Licht für manche Zwecke willkommen, weil es bei gleichem Erhellungsgrad eine wefentlich geringere Reizwirkung auf Auge und Nerven ausübt als weifses oder gelbes Licht; auch foll es die Phantafie anregen und angenehme, traumhafte Stimmungen hervorrufen. Stark farbiges Licht kann nur dort angewendet werden, wo ein geringer Erhellungsgrad gewünfcht wird; es kann aber in diefem Falle von grofsem Wert fein. Im Plauderftübchen und im Schlafzimmer ift tiefrotes Licht willkommen; in einem Kneipraum wirkt tiefgelbes Licht günftig. In Krankenzimmern kann tiefviolettes, blaues, grünes oder graues Licht zum Bedürfnis werden[41]).

Auch im vorliegenden Falle kann die indirekte Beleuchtung in Frage kommen; denn man kann dadurch eine Erhellung erzielen, deren Farbe dem Sonnenlicht fehr nahe kommt.

29.
Ruhiges
Licht.

Zu a, 4: Gleichmäfsiges und ruhiges Brennen der Beleuchtungskörper wirkt fchonend auf die Augen und beeinflufst die geiftige Tätigkeit in günftiger Weife. Aufzucken, Flackern und dergl. der Lichtquellen fchädigt die Augen und wirkt ftörend auf die Nerven[42]).

Die neuzeitliche Beleuchtungstechnik hat die hier in Frage kommenden Schwierigkeiten längft überwunden, und es ift als eine unbegreifliche Mifsachtung der allereinfachften hygienifchen Anforderungen anzufehen, wenn z. B. gegenwärtig noch in Räumen, in denen feinere Arbeiten vorgenommen werden müffen (Schulzimmern, Gefchäftsftuben u. f. w.), zuweilen noch offene Schmetterlingsflammen vorhanden find. Bei elektrifcher Beleuchtung find es namentlich die Spannungsfchwankungen, welche vom unruhigen Gang der Mafchine, von der fehlerhaften Regulierung, von Fehlern in den Stromerzeugern u. f. w. herrühren und das Zucken des Lichtes zur Folge haben.

Hier kann in vielen Fällen gleichfalls die indirekte Beleuchtung Abhilfe fchaffen; vor allem kann dadurch dem fog. Blenden der Augen wirkfam vorgebeugt werden.

30.
Lichtverteilung
und
Schattenbildung.

In unferen Wohnungen, in Theatern und Konzertfälen, in anderen Verfammlungsräumen und dergl. wird man fich begnügen können, wenn man eine dem be-

[40]) A. a. O.

[41]) Vergl. auch das in Fufsnote 39 (S. 31) angezogene Referat *Cohn's*, S. 637.

[42]) Vergl. auch das in Fufsnote 39 (S. 31) angezogene Referat *Cohn's*, S. 640.

treffenden Zwecke angemeffene Lichtmenge dem Raume zuführt und die fonftigen hygienifchen Anfprüche erfüllt. Allein es gibt zahlreiche Räume, bei denen es fich nicht nur um Befchaffung einer gröfseren Menge von Licht, fondern auch um eine gewiffen befonderen Bedürfniffen entfprechende Verteilung diefes Lichtes handelt. Hierher gehören in erfter Reihe Schulzimmer, Hör- und Zeichenfäle, gewiffe Werkftätten und dergl., in denen eine im allgemeinen vollkommen ausreichende und fogar glänzende Beleuchtung des Raumes gänzlich ungenügend fein kann, wenn die Forderung einer richtigen Lichtverteilung nicht berückfichtigt ift. In derartigen Arbeitsräumen mufs auf jedem einzelnen Arbeitsplatz der erforderliche Erhellungsgrad hervorgebracht und mufs ferner die ftörende Schattenbildung befeitigt werden. Mit letzterer ift ftets ein relativer Lichtmangel verbunden.

Bei direkter Erhellung kann eine gleichmäfsige Lichtverteilung nur in der Weife erreicht werden, dafs man jedem Arbeitsplatz einen befonderen Beleuchtungskörper, der entfprechend abgeblendet ift, zuweift. Alfo z. B. in einem Klaffenzimmer dadurch, dafs jeder Schüler feine befondere, durch einen Schirm abgeblendete Lampe erhält. Dabei wird auch, wenn die Lichtquelle richtig angebracht ift, von einer Schattenbildung nicht die Rede fein können. Naturgemäfs kommt eine folche Beleuchtungsweife teuer zu ftehen und wird unter Umftänden auch noch mit anderen Nachteilen verbunden fein.

Dunkle Schatten können nur da entftehen, wo direkte Lichtftrahlen durch einen undurchfichtigen Gegenftand auf ihrem Wege aufgehalten werden, und umgekehrt find dort, wo kein direktes Licht vorhanden ift, auch die Bedingungen für die Bildung ftarker Schatten nicht vorhanden. Deshalb erzielt man am einfachften und ficherften eine gleichförmige Lichtverteilung und tunlichfte Abfchwächung der Schattenbildung durch Anwendung der indirekten Erhellung, alfo durch diffufes Licht.

Für Schulzimmer, Hör- und Zeichenfäle, gewiffe Gefchäftsräume, Werkftätten und dergl. läfst fich diefe Art der künftlichen Beleuchtung als die einzig richtige und den Anforderungen der Hygiene entfprechende bezeichnen.

31. Wärmeerzeugung.

Zu b, 6: Die Wärme, welche von den Beleuchtungskörpern erzeugt wird, kann fich fowohl durch Strahlung, als auch durch die Erhöhung der Temperatur im betreffenden Raume geltend machen.

Erftere wirkt faft ftets beläftigend und ift für die Gefundheit nachteilig. Unter Umftänden kann die Wahl der Beleuchtungsart davon beeinflufst werden. Auf leicht reizbare, nervöfe und geiftig überarbeitete Menfchen wirkt die Wärmeftrahlung, namentlich auf den Kopf, ungemein ungünftig ein. Dabei fpielt die Raumtemperatur in der Regel gleichfalls eine wefentliche Rolle[43]).

Für das Mafs der Wärmeftrahlung ift auch die Farbe des Lichtes nicht ohne Bedeutung, da einem Lichte, welches viele rote Strahlen führt, im allgemeinen eine hohe, einem Lichte mit überwiegendem Grün und Blau dagegen eine geringe Wärmeftrahlung entfpricht.

Die Wärmeftrahlung läfst fich durch zweckmäfsiges Anbringen der Beleuchtungskörper, durch Anordnung von Schirmen und dergl., vor allem aber durch indirekte Raumerhellung entweder gänzlich vermeiden oder doch wefentlich herabmindern.

---

[43]) Siehe in diefer Beziehung: Neuere Erfahrungs-Ergebniffe über künftliche Beleuchtung. Deutfche Bauz. 1897, S. 221 — ferner das in Fufsnote 39 (S. 31) angegebene Referat *Cohn's*, S. 635.

Die von den Beleuchtungskörpern ausgehende Erhöhung der Temperatur in dem betreffenden Raume kann je nach den obwaltenden Verhältniffen von Vorteil, aber auch von Nachteil fein. Zur kühlen Jahreszeit, an kühlen Orten und dergl. können durch folche Wärmeerzeugung die Heizungskoften verringert werden. In heifsen Gegenden, zur heifsen Jahreszeit u. f. w. ift jede, wenn auch noch fo geringe Temperaturerhöhung höchft unerwünfcht; ja fie ift in der Regel beläftigend, ruft unter Umftänden Erkrankungen hervor, fo dafs Lichtquellen, von denen eine bedeutendere Wärmeentwickelung ausgeht, in folchen Fällen ausgefchloffen find. Sie find es auch noch aus dem Grunde, weil warme Lichtquellen viel Wafferdampf erzeugen und dadurch der Feuchtigkeitsgehalt der Luft in unzuläffiger Weife vermehrt wird.

Tritt die Temperaturfteigerung im beleuchteten Raume in beläftigender Weife auf, fo müffen die heifsen Verbrennungsgafe in entfprechender Weife abgeführt werden.

32.
Verbrennungs-erzeugniffe.

Zu b, 7: Durch die Erzeugniffe der Verbrennung können Gefundheitsfchädigungen entftehen; doch find fie glücklicherweife immer feltener geworden. Jede Art von Beleuchtung, die durch einen Verbrennungsvorgang gewonnen wird (Flammenbeleuchtung) erzeugt unangenehme und fchädigende Gafe, allerdings meift in unbedeutenden Mengen[44]). Offene Flammen, eingefchlagene Gasbrenner, blakende Lampen und dergl. rufen ftärkere Schädigungen hervor. Wafferdampf wirkt in der Regel fchädlicher als Kohlenfäure. Völlig einwandfrei ift in diefer Beziehung das elektrifche Licht. Dies ift namentlich bei Räumen, die von bedeutenden Menfchenmengen befucht werden, die alfo einer grofsen Anzahl oder ganz befonders ftarker Lichtquellen bedürfen, von hervorragender Wichtigkeit.

Am meiften kommt für die menfchliche Gefundheit das Austreten von unverbrannten giftigen Gafen in Betracht. Nervöfe Menfchen, Kranke und dergl. werden z. B. fchon von kleinen Mengen Kohlenoxydgas nachteilig beeinflufst[45]). Zu erwähnen ift nochmals die Entwickelung von Wafferdampf, der fich bei einigen Beleuchtungsarten in grofser Menge bildet. Am meiften tritt dies bei der Gasbeleuchtung auf, weil das Leuchtgas fehr wafferftoffreich ift und der Wafferdampfgehalt der Raumluft deshalb ein bedeutend Mafs erreichen kann[46]), was nicht ohne ungünftigen Einflufs auf die Wärmeökonomie der in einem folchen Raume befindlichen Perfonen bleiben kann.

Solchen Mifsftänden vermag man entweder dadurch abzuhelfen, dafs man die fchädigenden Gafe nicht in den Raum gelangen läfst, fie alfo unmittelbar nach der Erzeugung ableitet, oder dafs man Beleuchtungsarten wählt, bei denen keine derartigen Gafe entftehen.

33.
Explofionen.

Zu b, 8: Explofionen kommen hauptfächlich bei Beleuchtung mittels Leuchtgas, Acetylen, Petroleum- und Spiritusglühlicht in Frage. Bei Leuchtgas bringen

---

[44]) Gleichen Erhellungsgrad vorausgefetzt, wird die Luft am meiften durch Kerzen verdorben, am wenigften durch gut gereinigtes Petroleum. Beim Gebrauch des Leuchtgafes hängt die Luftverderbnis einerfeits von feiner Qualität, andererfeits von der Brennerkonftruktion ab: bei *Auer* Brennern wird die Luft viel weniger verunreinigt als durch andere Gasflammen; Gasglühlicht erzeugt verhältnismäfsig wenig Kohlenfäure. Ueber Beleuchtung mittels Acetylen, Spiritus- und Gasglühlicht fcheinen ausreichende einfchlägige Unterfuchungen nicht vorzuliegen.

[45]) Vergl. in diefer Hinficht gleichfalls den in Fufsnote 39 (S. 31) angeführten Auffatz — ferner das Referat von *F. Fifcher* auf der X. Verfammlung des Deutfchen Vereins für öffentliche Gefundheitspflege »Ueber künftliche Beleuchtung« in der Vierteljahrsfchrift diefes Vereines 1883, S. 619 — endlich Art. 46.

[46]) *Geelmuyden* fand für derartige Verhältniffe eine relative Feuchtigkeit von 77 Vomhundert, was entfchieden zu viel ift.

kleine Undichtheiten keine Explofionen mit fich; auch macht fich der durchdringende Geruch diefes Gafes in warnender Weife geltend. Durch Verlöfchen von Flammen (infolge von Wind), Offenftehenlaffen von Gashähnen, Rohrbrüche und dergl. können allerdings Explofionen hervorgerufen werden. Durch Anbringen von Selbftzündern kann folcher Gefahr in weitgehender Weife entgegengewirkt werden.

34.
Feuersgefahr.

Zu b, 9: Jede Flammenbeleuchtung birgt die Feuersgefahr in fich. Leider kann auch die elektrifche Beleuchtung davon nicht freigefprochen werden.

Deshalb ift beim Anbringen und Ausführen aller Einrichtungen für künftliche Beleuchtung gerade diefem Punkte die gröfste Aufmerkfamkeit zuzuwenden. Es mufs alles vermieden werden, was, wenn auch in noch fo unwahrfcheinlicher Weife, das Entftehen eines Schadenfeuers hervorrufen könnte. Weiters mufs dafür Sorge getragen werden, dafs, wenn deffenungeachtet ein Brand entfteht, diefer auf einen tunlichft kleinen Umkreis befchränkt bleibe, bezw. fich darauf einfchränken läfst.

Zum Schluffe fei noch bezüglich der hygienifchen Anfprüche an die künftliche Beleuchtung unferer Innenräume auf die bezüglichen Verhandlungen des Deutfchen Vereines für öffentliche Gefundheitspflege in den Jahren 1883 (zu Berlin) und 1899 (zu Nürnberg) hingewiefen, insbefondere auf die Referate *Fifcher*'s und *Cohn*'s[47]), fowie *Erismann*'s[48]); desgleichen auf den unten namhaft gemachten Auffatz *Wedding*'s[49]).

35.
Wirtfchaftliche Anfprüche.

Zu den vorftehend befprochenen hygienifchen Anforderungen kommen auch noch Anfprüche wirtfchaftlicher Natur hinzu, die wir an die künftliche Beleuchtung gefchloffener Räume zu ftellen haben. Im wefentlichen find es die folgenden:

1) Die künftliche Beleuchtung foll tunlichft geringe Koften verurfachen.

2) Der dabei benutzte Rohftoff oder die verwendete Energie follen möglichft vollkommen ausgenutzt werden, unter allen Umftänden in höherem Mafse, als dies bis jetzt der Fall ift.

3) Die Arbeitsleiftung für das Inftandfetzen und Inftandhalten, für das Reinigen, Anzünden und Auslöfchen der Beleuchtungskörper foll geringfügig fein.

Die unter 1 u. 2 geftellten Anforderungen find nicht allein vom wirtfchaftlichen Standpunkte aus, fondern auch in hygienifcher Hinficht von Wichtigkeit. Dafs die Beleuchtung »möglichft billig« fein foll, heifst, dafs aus derfelben Energiemenge tunlichft viel Licht entwickelt werde und dafs die Erzeugungskoften für die Lichteinheit möglichft gering feien. Mit Recht fagt nun *Rubner*: »Alles, was die Gewinnung an Licht aus einer gegebenen Energiemenge fteigert, verbilligt zugleich den Preis des Lichtes und trägt zur Verbefferung der Beleuchtung im allgemeinen bei. Jede Steigerung der Ausbeute an Licht verbeffert die fanitäre Befchaffenheit der Lichtquellen und bringt uns der idealen Aufgabe der Beleuchtung näher.«

36.
Koftenvergleich.

Bezüglich des Punktes 1 im vorhergehenden Artikel feien die forgfältigen Unterfuchungen *Wedding*'s[50]) zu einem geringen Teile hier mitgeteilt. Er gelangte zu folgender Koftenberechnung:

---

47) Siehe die Vierteljahrsfchrift des genannten Vereines 1883, S. 619: Ueber künftliche Beleuchtung.

48) Siehe ebendaf. 1900, S. 11: Die hygienifche Beurtheilung der verfchiedenen Arten künftlicher Beleuchtung, mit befonderer Berückfichtigung der Lichtvertheilung — ferner Art. 46.

49) Ueber den Werth der verfchiedenen Arten künftlicher Beleuchtung. Ebendaf. 1901, S. 607.

50) Siehe: Journ. f. Gasbel. u. Waff. 1898, S. 126.

Art der Beleuchtung	Uebliche Lichtstärke	Preis für die Brennstunde	Art der Beleuchtung	Uebliche Lichtstärke	Preis für die Brennstunde
Petroleumglühlicht . . .	40	1,0	Leuchtgas-Rundbrenner .	20	3,2
Gasglühlicht	50	1,6	Acetylen	60	5,4
Spiritusglühlicht	50	2,0	Leuchtgas-Schnittbrenner	30	6,4
Petroleum (14liniger Normalbrenner)	30	2,2	Leuchtgas-Regenerativbrenner	111	6,5
Elektrisches Glühlicht . .	16	7,9	Elektrisches Bogenlicht .	600	15,5
	Kerzen	Pfennige		Kerzen	Pfennige

Hierbei sind folgende Preise zu Grunde gelegt: 1 l Petroleum 20 Pf.; 1 cbm Leuchtgas 16 Pf.; 1 l Spiritus 35 Pf.; 1000 Wattstunden 60 Pf.; 1 kg Calciumkarbid 45 Pf. (da bei der heutigen Karbidfabrikation 1 kg Karbid eine Ausbeute von 300 l Acetylengas ergibt, so kosten 300 l Acetylen 45, also 1 l Acetylen 0,15 Pf.).

Aus dieser Zusammenstellung ergibt sich das Petroleumgluhlicht als die billigste, das elektrische Bogenlicht als die bei weitem teuerste Lichtquelle. Indes wäre es unrichtig, wollte man deshalb das elektrische Bogenlicht als eine unbrauchbare Lichtquelle ansehen. Ueberall, wo es sich um die Beleuchtung weiter Hallen, grosser Säle, langer Strecken u. s. w. handelt, steht diese Beleuchtungsart unerreicht da. Wollte man den gleichen Erhellungsgrad durch sonstige Lichtquellen erreichen, so würde jede andere Erhellungsweise wesentlich kostspieliger sein.

Sieht man auch noch vom Regenerativgaslicht ab, so können alle übrigen Lichtquellen zur Erhellung einzelner Arbeitsplätze verwendet werden. Am tiefsten steht der Gasschnittbrenner; er kommt gegenwärtig wohl nur für Flur-, Treppen- und Strassenbeleuchtung in Frage; sonst ist er durch den Rundbrenner und das Gasglühlicht zu ersetzen.

37. Zünd- und Löschbarkeit.

Die wirtschaftlichen Ansprüche unter 3 in Art. 35 (S. 35) beziehen sich vor allem auf eine bequeme, handliche Bedienung, also im wesentlichen auf die vollkommene, leichte und bequeme Zünd- und Löschbarkeit der gewählten Lichtquelle; denn durch eine solche wird eine bedeutende Kostenersparnis erzielt. In dieser Hinsicht steht das elektrische Glühlicht obenan, obwohl der ziemlich hohe Preis bei verhältnismäfsig geringer Lichtstärke (von nur 16 Kerzen; siehe obige Zusammenstellung) gegen seine Anwendung spricht.

Um in Wettbewerb treten zu können, sind deshalb in neuerer Zeit von seiten der Gastechniker für die Erhellung mittels Leuchtgas verschiedene Fern- und Selbstzünder konstruiert worden, um den eingangs erwähnten Vorteil auszunutzen. Durch derartige Vorrichtungen soll der kleine, meist an der Wand angebrachte Schalter des elektrischen Lichtes ersetzt werden; dadurch soll die Möglichkeit geboten werden, Gasflammen in jedem Augenblick zum Brennen bringen oder sie löschen zu können. So feinsinnig und geschickt auch viele dieser Vorrichtungen konstruiert sind, so bietet doch keine Ersatz für den einfachen Hebelausschalter des Elektrotechnikers. Für Petroleum- und Spirituslampen bestehen noch keine Mittel zum bequemen Anzünden und Löschen.

Literatur.

Bücher und Zeitfchriften über »Künftliche Beleuchtung der Räume im allgemeinen«.

PECLET, E. *Traité d'éclairage.* Paris 1827. — Deutfche Ueberfetzung von J. G. CH. WEISE. — 3. Aufl. von HARTMANN. Weimar 1853.

BOLLEY, P. Handbuch der chemifchen Technologie. Bd. 1, 2. Gruppe: Das Beleuchtungswefen. Braunfchweig 1862.

PERL, E. Die Beleuchtungsftoffe und deren Fabrikation. Wien 1876.

Bericht über die Weltausftellung in Paris 1878. Herausgegeben von der k. k. öfterreichifchen Commiffion. 4. Heft: Gas- und elektrifche Beleuchtung. Von H. NACHTSHEIM. Wien 1877.

Illuftrirte Patentberichte. Nr. 2, Patent-Claffe 4: Beleuchtungsgegenftände. Sachliche Zufammenftellung der bis zum 1. Jan. 1879 in diefer Claffe ertheilten Patente, nebft Anhang über elektrifche Beleuchtung. Bearbeitet von M. MÜLLER. Berlin 1879.

STROTT, G. R. Ueber Leuchtmaterialien, deren Eigenfchaften, Beftimmung der Lichtftärke, Leuchtkraft und des Leuchtwerthes etc. Holzminden 1880.

BARLET. *Les procédés et les appareils de chauffage et d'éclairage à l'expofition univerfelle internationale d'étude et tels qu'ils font en réalité.* Paris 1881.

BANTING ROGERS, J. *Artificial light.* Reading 1882.

UHLAND, W. H. Handbuch für den praktifchen Mafchinen-Conftructeur. Bd. 2. Leipzig 1883. S. 89 ff.

SCHWARTZE, TH. Katechismus der Heizung, Beleuchtung und Ventilation. Leipzig 1884.

MEHLHAUSEN. Ueber künftliche Beleuchtung. Berlin 1885.

WAGNER, R. v. Handbuch der chemifchen Technologie. 13. Aufl. von F. FISCHER. Leipzig 1889. S. 131 ff.

THOMAS, E. *Hiftoire de l'éclairage depuis les temps les plus reculés jusqu'à nos jours.* Paris 1890.

SCHOLLMEYER, G. Wie beleuchte ich am zweckmäfsigften und billigften meine Wohn- und Gefchäftsräume? Neuwied 1899. — 2. Aufl. 1904.

WEDDING, W. Ueber den Wirkungsgrad und die praktifche Bedeutung der gebräuchlichften Lichtquellen. München 1905.

BENESCH, L. v. Das Beleuchtungswefen vom Mittelalter bis zur Mitte des XIX. Jahrhunderts etc. Wien 1905.

Ferner:

Journal für Gasbeleuchtung und verwandte Beleuchtungsarten fowie für Wafferverforgung. Herausg. von H. BUNTE. München. Erfcheint feit 1858.

Journal du gaz et de l'électricité. Paris. Erfcheint feit 1881.

Organ induftriel de l'éclairage. Brüffel. Erfcheint feit 1881. (Erfchien früher unter dem Titel *»Gas Belge«.*)

Zeitfchrift für Beleuchtungswefen. Red. von LUX. Berlin. Erfcheint feit 1894.

Schweizerifche Blätter für Elektrotechnik und das gefammte Beleuchtungswefen. Deutfche und franzöfifche Ausgabe. Bern. Erfcheint feit 1896.

Das Licht. Zeitfchrift für Beleuchtungswefen. Zürich. Erfcheint feit 1898.

Fachblatt für Gas-, Waffer- fowie für das gefammte Beleuchtungswefen und Mafchinen-Induftrie. Herausg. von L. CHIBA. Wien. Erfcheint feit 1898.

Das moderne Beleuchtungswefen. Red. v. F. KLEINPETER. Erfcheint feit 1900.

---

4. Kapitel.

Gasbeleuchtung.

a) Gaserzeugung und Lichtmenge.

Von Dr. FERDINAND FISCHER.

38. Künftliche Beleuchtung.

Zur künftlichen Beleuchtung werden die von glühenden feften Körpern[51]) ausgefandten Lichtftrahlen verwendet. Die erforderliche Hitze wird erzeugt durch Ver-

[51]) Mit Ausnahme der Queckfilber-Dampflampe.

brennen von Gafen und Dämpfen oder durch Elektrizität. (Ueber letztere fiehe das nächftfolgende Kapitel.) Bei der Kerzen- und bei der Oel- (bezw. Erdöl-) Beleuchtung wird der Brennftoff durch die Leucht-, bezw. Heizflammen felbft vergaft, bei flüchtigen auch verdampft, während Leuchtgas (und meift auch Acetylen) in befonderen Anftalten erzeugt und als fertiges Gas zur Verbrauchsftelle geleitet wird. Man kann daher diefe Beleuchtungsarten durch Verbrennung als »Gasbeleuchtung« bezeichnen.

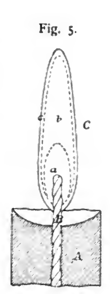


Fig. 5.

Früher verwendete man als lichtgebenden Körper nur den Kohlenftoff, welcher in der Flamme felbft durch Zerfall (Diffoziation) der fchweren Kohlenwafferftoffe (Benzol, Acetylen und dergl.) abgefchieden wurde, während feit 20 Jahren in rafch zunehmendem Umfang die Flammen lediglich als Heizmittel für die als Lichtfpender verwendeten feuerfeften Erden und dergl. dienen (Glühlicht).

39.
Kerzen- und andere Flammen.

Zur Erläuterung der Vorgänge in einer Leuchtflamme diene die Kerzenflamme. Der durch die ftrahlende Wärme der Flamme gefchmolzene Brennftoff (z. B. Paraffin) der Kerze *A* (Fig. 5) fteigt im Dochte *B* auf, bis er durch die Hitze vergaft wird. Das gebildete brennbare Gas, welches den dunkeln Kern *a* der Flamme bildet, wird im leuchtenden Teil *b* zerlegt unter Abfcheiden von Kohlenftoff, welcher durch die Hitze des äufseren Mantels *c* gluhend und fomit leuchtend wird. In der äufseren Schicht *C* verbrennen fämtliche brennbare Beftandteile des Gafes, einfchliefslich des Kohlenftoffes, völlig zu Kohlenfäure und Waffer und liefern fo die erforderliche Wärme.

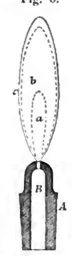


Fig. 6.

Einlochbrenner.

In den weitverbreiteten Erdöllampen fpielen fich im wefentlichen diefelben Vorgänge ab. Die Leuchtgasflamme eines fog. Einlochbrenners (Fig. 6) unterfcheidet fich wefentlich nur dadurch, dafs dem Brenner *B* das fertige Leuchtgas[52]) zugefuhrt wird.

Zur Gasbeleuchtung werden Einlochbrenner nur noch felten angewendet; auch die fruher fo vielfach gebräuchlichen Schnittbrenner und die Zweilochbrenner werden immer mehr durch lichtftärkere Brenner erfetzt.

Der *Argand*-Brenner (Fig. 7) ift mit einem Zugglas *C* verfehen, um feitliche Luftftrömungen fernzuhalten und der Flamme mehr Luft zuzufuhren, welche durch Blechkegel *D* geleitet wird. Dem Brenner wird das Gas von *A* aus durch die beiden Röhrchen *a* zugeführt. Das Gas verbreitet fich dann in dem ringförmigen Hohlraume *B*, um bei *b* durch zahlreiche — 18 bis 40 — Löcher zur Flamme zu gelangen. Unmittelbar über dem Brenner vereinigen fich die einzelnen Gasftröme zu der Röhrenform, fo dafs an der Flamme die Zuführungsart nicht erkannt werden kann. Selten wendet man ftatt der vielen Löcher einen engen, ringförmigen Schlitz an. Da die Leuchtkraft der Flamme

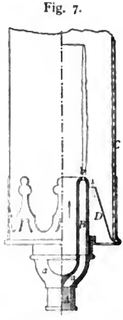


Fig. 7.

Argand-Brenner.
1/2 w. Gr.

[52]) Siehe: FISCHER, F. Handbuch der chemifchen Technologie. Leipzig 1900. S. 80. — SCHILLING, N. H. Handbuch der Steinkohlengas-Beleuchtung. Munchen 1878. S. 82.

mit der Temperatur rafch zunimmt, fo waren die fog. Regenerativlampen [53]), in denen Gas und Luft vorgewärmt wurden, als Fortfchritt zu begrüfsen. Befonders erlangten die Lampen von *Siemens* und diejenigen von *Wenham* mit nach unten gerichteten Flammen wegen der grofsen Lichtftärke (bis 400 Kerzen) bei verhältnismäfsig geringem Gasverbrauch rafch eine grofse Verbreitung, bis fie durch das Glühlicht fo gut wie vollftändig verdrängt wurden.

40. Glühlicht.

Der bedeutendfte Fortfchritt auf dem Gebiete der Gasbeleuchtung war die vor 20 Jahren erfolgte Einführung des Glühftrumpfes von *Auer v. Welsbach* [54]). Letzterer verbrannte das Leuchtgas in einem *Bunfen*'fchen Brenner und erhitzte in der nichtleuchtenden Flamme einen Erdenmantel bis zum Glühen. Ein zylindrifches Gewebe aus Wolle oder Baumwolle wurde getränkt mit einer Löfung von falpeterfaurem Lanthan und Zirkon, oder Yttrium oder Erbium und Zirkon, welch letzteres auch durch Magnefia erfetzt werden konnte. Durch die Flamme wurde das Gewebe verbrannt, und es blieb ein zylindrifcher Glühkörper der betreffenden Oxyde zurück, welcher ein ruhiges Licht ausftrahlte. Die Lichtmenge nahm aber bald ab; zudem war der Mantel fehr zerbrechlich.

Pintfch verbefferte den Glühftrumpf; die Lampe verlangte aber vor wie nach fehr vorfichtige Behandlung.

Die dann von der *Auer*-Gefellfchaft weiter verbefferten Glühkörper kofteten im Jahre 1891 noch 2,50 Mark, fo dafs das Glühlicht erft dann allgemein verbreitet wurde, als im Jahre 1895 mehrere Firmen gleichzeitig Glühkörper für 0,40 Mark lieferten. Durch Entfcheidung des Reichsgerichtes vom 6. Juli 1898 fiel das *Auer*'fche Patent, fo dafs jetzt das Glühlicht Gemeingut wurde.

Während ein Glühkörper anfangs nur 50 Kerzen bei 220 l Gas für 100 Kerzen gab, lieferten 1899 die gleichen 80 bis 90 Kerzen bei 130 bis 140 l Gasverbrauch. Die Leuchtkraft fiel aber beim Gebrauch noch im Jahre 1903 in 400 Brennftunden von 123 auf 74 Kerzen; dagegen liefern einige Firmen Glühkörper, »Cerofirm«, »Degea« genannt, welche nach 200 Brennftunden bis 30 Vomhundert Zunahme der Leuchtkraft ergeben.

41. Neuefte Glühftrümpfe.

Der jetzt gebräuchliche Glühftrumpf [55]) befteht aus einem Gewebe von möglichft reiner, afchenfreier Pflanzenfafer in Form eines fich nach oben verjüngenden Schlauches mit einer Fadenftärke von 0,2 mm, unter die man früher einige ftärkere Fäden einftrickte, um dem Körper nach der Verafchung gröfseren Widerftand zu geben. Vor dem Tränken mit den Leuchterden wird der geftrickte Strumpf mit Soda und Salzfäure gewafchen. Die Leuchtflüffigkeit befteht hauptfächlich aus 99 Hundertteilen Thor- und 1 Hundertteil Cererde neben geringen Mengen unwefentlicher Beftandteile. Mit einer 30prozentigen Löfung diefer Leuchterden wird das Gewebe getränkt, fo dafs man nach dem Verafchen die Oxyde in dem angegebenen Verhältnis zurückerhält. Der mit den Leuchtfalzen getränkte und getrocknete Strumpf wird über ein zylindrifches Holz gefteckt und ausgereckt, mit einer Asbeftöfe verfehen und alsdann an einem langen eifernen Draht aufgehängt. Erhitzt man mit einer *Bunfen*-Flamme den oberen Teil, fo verglimmt das Gewebe vollftändig, und man

---

[53]) Siehe: Jahresbericht über die Leiftungen der chemifchen Technologie etc. Herausg. von F. FISCHER. 1881, S. 1031; 1882, S. 1129; 1883, S. 1073; 1885, S. 1282; 1886, S. 1141.

[54]) Siehe: FISCHER's Jahresbericht etc. 1887, S. 134; 1888, S. 116.

[55]) In Deutfchland werden jetzt jährlich etwa 100 Millionen Glühkörper hergeftellt, entfprechend etwa 100 t Leuchtfalze, welche aus 26000 t Monacitfand gewonnen werden. Ein grofser Teil davon wird in das Ausland verfchickt.

erhält ein weifses Afchenfkelett, das in der Prefsgasflamme geformt und gehärtet wird.

Zur Herftellung des Gewebes wurde allgemein Baumwollftrickgarn verwendet, neuerdings vorwiegend Ramiegarn, welches einen weniger gleichmäfsigen, aber fefteren und mehr Licht liefernden Glühkörper ergibt. Der neuefte Fortfchritt ift die Herftellung der Glühftrümpfe aus künftlicher Seide (Zellftoff in Kupferoxydammoniak) und Fällen der Glüherden mit Wafferftofffuperoxyd; bei grofser Feftigkeit geben diefe Strümpfe bis 140 Kerzen Leuchtkraft.

42. Lichtwirkung der Glühftrümpfe.

Für die Lichtwirkung des Glühftrumpfes ift fein geringes Emiffionsvermögen im Spektralgebiet zwifchen 1 und 5 μ entfcheidend, weil hierdurch der Wärmeverluft durch Ausftrahlung fo gering wird, dafs die Temperatur auf etwa 1100 Grad gehalten wird. Um das gewünfchte hohe Emiffionsvermögen im fichtbaren Spektralgebiet hervorzubringen, ohne dafs dadurch das Emiffionsvermögen im Ultrarot zwifchen 1 und 8 μ wefentlich beeinflufst wird, genügt ein geringer Zufatz von Ceroxyd (bis 1 Vomhundert) zum Thoroxyd. Das Ceroxyd fpielt alfo im Glühftrumpf eine ähnliche Rolle wie ein Senfibilifator in einer photographifchen Platte.

Die Gas-Glühlichtlampen ftrahlen das Licht naturgemäfs wefentlich in wagrechter Richtung und nach oben aus.

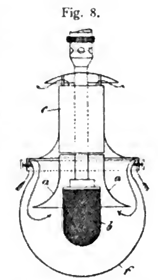
Krüfs[56]) beftimmte die Helligkeit eines folchen Brenners nach verfchiedenen Richtungen:

Grad	Gasglühlicht-Brenner	Derfelbe mit Holophanglocke
80 nach unten . . .	0,7	16,5
70 » » . . .	5,9	25,4
50 » » . . .	23,4	24,1
30 » » . . .	44,0	45,7
10 » » . . .	52,2	60,5
0 wagrecht . . .	60,5	63,2
10 nach oben . . .	60,5	61,9
30 » » . . .	53,6	18,2
50 » » . . .	45,7	23,4
	Normalkerzen.	

43. Nach unten leuchtende Brenner.

Wo es daher auf eine Beleuchtung nach unten ankommt, erfcheinen die neuerdings gelieferten fog. Invertbrenner vorteilhaft, bei welchen die Brenner nach unten gerichtet find. Fig. 8 zeigt z. B. eine folche Lampe von *Wolff*[57]).

Fig. 8.



Lampe mit Invertbrenner von *Wolff*.

Der nach unten gerichtete *Bunfen*-Brenner trägt an der Mündung den Glühftrumpf *b*, welcher durch die Flamme auf Weifsglut erhitzt wird. Die oben in die Glaskuppel *f* eintretende Verbrennungsluft wird durch den unten erweiterten Zugfchornftein *a c* gegen den Glühkörper geführt.

Bei diefen Lampen wird das *Bunfen*-Brennrohr von den abziehenden Gafen ftark erhitzt, dadurch das Gasluftgemifch vorgewärmt und fomit eine höhere Temperatur der Flamme, bezw. gröfsere Lichtwirkung erzielt, wenn das richtige Verhältnis zwifchen Gas und Luft vorhanden ift. Die Erhitzung wirkt aber der Bewegung des Gasgemifches nach unten ent-

[56]) Siehe: Journ. f. Gasb. u. Waff. 1898, S. 254.

[57]) D. R.-P. Nr. 175 292.

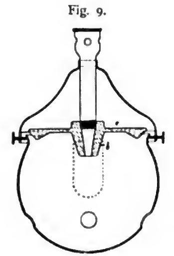


Fig. 9.

Lampe mit Abſchirmungsplatte.

gegen. Daher iſt ein ſtärkerer Gasdruck und eine gröſsere Luftzufuhröffnung erforderlich, wenn nicht der Nutzen des Vorwärmens in das Gegenteil verwandelt werden ſoll. Bei ſolcher Stellung der Luftzufuhr ſchlägt aber die Flamme beim Anzünden leicht zurück, ſo daſs die Luftzufuhr nach dem Anzünden anders geregelt werden müſste, um vom Vorwärmen Nutzen zu haben. Deshalb wird vielfach auf die Vorwärmung verzichtet, indem z. B. durch eine Abſchirmungsplatte *c* (Fig. 9) oder dergl., welche mit der Brennermündung *b* verbunden ſein kann, die Verbrennungsgaſe ſeitlich abgeleitet werden, ſo daſs das *Bunſen*-Rohr kühl bleibt[58]).

Das Licht wird weſentlich nach unten geworfen. So fand *Drehſchmidt*[59]) bei Verſuchen mit gewöhnlichem Glühlicht und mit drei Invertlampen:

	Gew. Glühlicht	Invertglühlicht		
		I	II	III
Helligkeit in wagrechter Richtung	90	44,4	107,5	90
Stündlicher Gasverbrauch (in Lit.)	125	70	119	111
Mittlere ſphäriſche Helligkeit (in HK) . . .	68,2	37,4	86,3	78,6
Untere hemiſphäriſche Helligkeit	62,3	49,0	109,5	103,0
Obere hemiſphäriſche Helligkeit	74,3	25,8	63,1	54,2
Gasverbrauch für 1 HK-Stunde (in Lit.) für:				
mittlere ſphäriſche Helligkeit	1,84	1,87	1,38	1,41
mittlere untere hemiſphäriſche Helligkeit .	2,01	1,43	1,09	1,08
mittlere obere hemiſphäriſche Helligkeit .	1,68	2,71	1,89	2,05

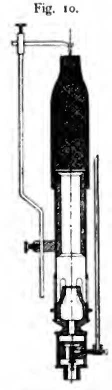


Fig. 10.

Brenner zur Erzeugung höherer Lichtſtärken.

Pictet und *Nürnberg* führen ſtatt Luft Sauerſtoff in den Brenner; der geringere Gasverbrauch wird durch die Koſten der Sauerſtoffleitung ausgeglichen. *Lucas* erzielt durch verſtärkten Schornſteinzug gröſsere Lichtſtärken. Erfolg hat auch die Selas-Geſellſchaft, welche das Gas- und Luftgemiſch unter Druck (für groſse Brenner 80 cm Waſſerſäule) dem Brenner zuführt. Fig. 10 zeigt einen Brenner zur Erzeugung höherer Lichtſtärken von 500 bis 2500 HK[60]).

Im Brennerrohr befindet ſich ein Einſatz, der den Querſchnitt verringert. Das unter der Düſe ſichtbare Gehäuſe enthält ein Ventil, welches bei gewöhnlichem Druck den Durchgang zur Düſe geſchloſſen hält, während der Weg zum ſeitlich angebrachten Zündrohr offen bleibt. Beim Steigen des Druckes hebt ſich das Ventil und gibt den Durchgang zur Düſe frei. Das am Brennerkopf ausſtrömende Gemiſch entzündet ſich an der Zündflamme. Für 100 Kerzenſtunden ſind meiſt 120 bis 200 l Leuchtgas erforderlich.

44.
Acetylenlicht.

Acetylen, bei ſeinem Erſcheinen auf dem Markt (vor 10 Jahren) als »Leuchtſtoff der Welt« begrüſst[61]), hat zwar die überſchwenglichen Erwartungen nicht annähernd erfüllt, iſt aber für die Beleuchtung kleinerer Orte und einzelner Häuſer, beſonders Gaſthäuſer, welche kein Steinkohlen-Leuchtgas haben können, von Bedeutung.

58) D. R.-P. Nr. 159 869.

59) Journ. f. Gasb. u. Waſſ. 1905, S. 813.

60) Siehe: Fischer's Jahresberichte etc. 1900 bis 1906.

61) Siehe: Pictet. *L'acetylène, ſon paſſé, ſon préſent, ſon avenir.* Baſel 1896.

Zur Herftellung von Acetylen[62]) wird Calciumkarbid mit Waffer zerfetzt:

$$CaC_2 + 2H_2O = C_2H_2 + Ca(OH_2).$$

Darnach gibt 1 kg reines Karbid 349 l Acetylen. Das käufliche Karbid liefert aber nur 280 bis 300 l. Bei der Entwickelung wird viel Wärme frei, fo dafs theoretifch eine Temperatur von 1100 Grad entftehen kann. Bei 780 Grad zerfällt Acetylen aber bereits, oft unter Explofion, die bei Gegenwart von Luft fehr heftig ift.

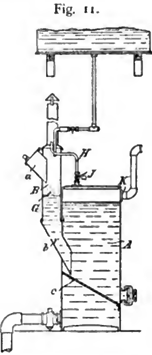
Die fehr zahlreichen (über 100) patentierten Entwickler laffen fich in drei Arten unterfcheiden:

1) Waffer tropft oder fliefst in dünnem Strahl auf das Karbid. Da hier die Gefahr einer Erhitzung des Acetylens auf die Explofionstemperatur vorhanden ift (*Lewes* beobachtete bis 700 Grad), jedenfalls durch die Erhitzung das Acetylen verfchlechtert wird, fo find diefe Vorrichtungen bedenklich.

2) Das Waffer kommt beim Auffteigen mit dem Karbid in Berührung und wird bei zu rafcher Entwickelung (wie beim *Döbereiner*'fchen Feuerzeug) wieder zurückgedrängt. Auch bei diefen Einrichtungen findet eine Erhitzung ftatt, die beim Zurücktreten des Waffers bedenklich hoch werden kann; aufserdem findet nach dem Zurücktreten des Waffers gleichfalls eine Nachentwickelung ftatt durch das anhaftende und das dampfförmige Waffer, bei Temperaturen über 425 Grad auch durch den aus dem Calciumhydrat abgefpaltenen Wafferdampf, fo dafs auch diefe Einrichtungen bedenklich find[63]).

3) Das Calciumkarbid fällt in viel Waffer. Bei diefen Vorrichtungen wird jede fchädliche Temperaturerhöhung vermieden, fo dafs fie bei fachgemäfser Behandlung gefahrlos find.

Fig. 11.



Acetylenentwickler.

Bei einer derartigen Anordnung wird das Karbid z. B. mit der Hand in den Fülltrichter *a* (Fig. 11) eingeworfen und gleitet auf der fchiefen Ebene *b* auf den fchrägen Roft *c*. Das Gas fteigt lotrecht nach oben und wird durch den Wafferabfchlufs verhindert, aus dem Einfüllrohr herauszutreten. Am Einfüllrohr *B* ift der Ueberlaufhahn *G* und auf dem Deckel des Entwicklers das Ueberlaufrohr *H* mit dem Hahn *J* angebracht, welches in den Einfüllkanal führt. Der Ausgang *K* führt in die Reiniger, um befonders Ammoniak, Phosphorwafferftoff und Siliciumwafferftoff zu entfernen.

Bei Verwendung des Acetylens zur Beleuchtung ift zu beachten, dafs in der Hitze Acetylen zerfällt; die flüffigen und feften Zerfetzungsftoffe fetzen fich vor und in der Brennermündung feft und verftopfen diefe umfo leichter, je heifser und enger die Oeffnungen find. Gewöhnliche Schnittbrenner find daher nicht verwendbar. Beffer find Zweilochbrenner, befonders die *Bray*-Brenner. Am beften ift die vorherige Mifchung mit Luft.

Fig. 12.



Brenner der Allg. Karbid- und Acetylen-Gefellfchaft.

Der Brenner der Allgemeinen Karbid- und Acetylen-Gefellfchaft (Fig. 12) befteht z. B. aus zwei Metallrohren, welche in einem Winkel von 90 Grad gegeneinander geneigt find. Diefe tragen zwei Speckfteinköpfchen, die

[62]) Siehe: LIEBETANZ, F. Handbuch der Calciumcarbid- und Acetylentechnik. 2. Aufl. Leipzig 1899 — ferner: CARO, A. L. & J. H. VOGEL. Handbuch für Acetylen etc. Braunfchweig 1904.

[63]) Siehe: GLASER's Annalen 1897, S. 475 — und: FISCHER's Jahresbericht etc. 1897, S. 119.

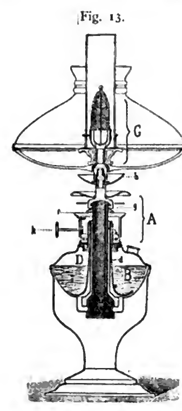
den eigentlichen Brennerkopf bilden. In ihrem unteren Teile liegt eine feine Oeffnung, durch welche das Gas einſtrömt und welche von 4 Luftlöchern umgeben iſt. Das Acetylen tritt durch erſtere ein, reiſst durch die Luftlöcher die nötige Luft mit ſich und tritt hierauf aus der oberen weiten Oeffnung aus. Die beiden Gasſtröme treffen dann aufeinander, nachdem ſie einen gewiſſen Weg in der Luft zurückgelegt haben, und bilden eine Schmetterlingsflamme, welche nicht auf dem Brenner, ſondern darüber in der Luft gebildet wird. — Für 100 Kerzenſtunden ſind in verſchiedenen Brennern 60 bis 120 l Acetylen erforderlich.

Für Eiſenbahnbeleuchtung bewährt ſich ein Gemiſch von 3 Teilen Oelgas und 1 Teil Acetylen[64]).

45. Spiritus-glühlicht.

Die günſtigen Erfolge des Gasglühlichtes veranlaſsten die Herſtellung von Spiritus-Glühlichtlampen, was umſo näher lag, als die Spiritusflamme ſich ſehr leicht entleuchten läſst. Von den zahlreichen, meiſt patentierten Lampen möge nur diejenige von *Siemens*[65]) angeführt werden.

Fig. 13.



Spiritus-Glühlichtlampe von *Siemens*.

Dieſe beſteht aus dem Spiritusbehälter B (Fig. 13) mit verſchlieſsbarer Eingufsöffnung, der Vorwärmevorrichtung A und dem Brenner mit Glühſtrumpf G. Beim Anzünden der Lampe wird, um die Vergaſung einzuleiten, durch Drehen des äuſseren Mantels r das im darunterliegenden Mantel befindliche Zündloch für die Anwärmeflamme freigemacht und der vorher durch Drehen des Knopfes k nach rechts freigelegte Anwärmedocht D am oberſten Ende entzündet. Nach Verlauf von etwa einer Minute ſind genügende Dämpfe vorhanden, worauf nunmehr die Hauptflamme durch ein über den Glaszylinder gehaltenes Zündholz entzündet wird. Kurze Zeit nach Entzünden der Hauptflamme wird ſodann der Mantel r wieder zurückgedreht, bis er in den Anſchlagverſchluſs am Regelſtift einſchnappt, wodurch das Zündloch verdeckt und gleichzeitig die Anwärmeflamme richtig eingeſtellt iſt.

Die Prüfung der Spirituslampen, welche infolge eines Preisausſchreibens der Deutſchen Landwirtſchaftsgeſellſchaft geliefert waren, wurde nach *Wedding*[66]) teils von der Phyſikaliſch-Techniſchen Reichsanſtalt zu Berlin, teils vom Inſtitut für Gärungsgewerbe ausgeführt und ergab folgende Mittelwerte:

Brennerklaſſe	95proz. Spiritus			90proz. Spiritus		
	Lichtſtärke	Stündlicher Spiritusverbrauch	Spezifiſcher Verbrauch	Lichtſtärke	Stündlicher Spiritusverbrauch	Spezifiſcher Verbrauch
Kleine Brenner bis 20 HK	15,1	53,3	3,53	12,9	47,8	3,71
Mittlere Brenner von 20 bis 45 HK .	32,0	80,4	2,44	28,9	75,6	2,62
Groſse Brenner von 45 bis 100 HK .	59,6	129,0	2,17	71,7	136,0	1,90
Starklichtbrenner von 100 bis 200 HK	140,0	262,0	1,88	136,0	290,0	2,13
Starklichtbrenner von 200 bis 900 HK	675,0	626,8	0,93	—	—	—
	HK	ccm	ccm/HK	HK	ccm	ccm/HK

Obgleich die Verbreitung des Spiritusglühlichtes erſchwert wird durch die Denaturierung mit Pyridinen und die groſsen Preisſchwankungen des Spiritus, ſo

64) Siehe: Glaser's Annalen 1897, S. 469 — und: Acetylen 1898, S. 53.

65) Siehe: Zeitſchr. f. Beleuchtungsweſen 1898, S. 63.

66) Siehe: Journ. f. Gasb. u. Waſſ. 1905, S. 566.

wird es doch vielfach angewendet als Tiſch- und Deckenlampe, zur Beleuchtung von Bahnhöfen und dergl.

46. Zuſammenfaſſung.

So groſse Fortſchritte auf dem Gebiete der Beleuchtungstechnik in den letzten 20 Jahren auch gemacht worden ſind, ſo ſteht ſie doch noch auf einem ſehr niedrigen Standpunkt, da nur 0,4 bis 1,0 Vomhundert der Geſamtenergie der Brennſtoffe als Lichtſtrahlen gewonnen werden[67]), während 99,0 bis 99,6 Vomhundert als Wärme auftreten, welche vielfach geradezu läſtig werden kann. Vom Ideal der »kalten Beleuchtung«[68]) ſind wir alſo noch auſserordentlich weit entfernt.

Für die Heizung und Lüftung eines Raumes iſt auſser der Wärmeentwickelung auch die Bildung von Kohlenſäure und Waſſerdampf zu berückſichtigen, welche beſonders für Kerzen-, Erdöl- und die alte Steinkohlengas-Beleuchtung recht läſtig werden kann, wie folgende Zuſammenſtellung des Verfaſſers[69]) erkennen läſst.

		Lampenſtunde		Berechnet auf 100 Kerzenſtunden					Strahlende Wärme für 8 Kerzen in 1 Minute auf 1 qdcm in 37,5 cm Abſtand
		Lichtſtärke	Koſten	Verbrauch	Koſten	CO_2-Entwickelung	H_2O-Entwickelung	Wärme-Entwickelung	
				g	Pfenn.	kg	kg	w[70])	cal.[70])
Kerzen	Stearin . .	1	1,3	920	130	1,18	1,04	8100	8,7
	Paraffin . .	1	1,0	770	100	1,22	0,99	7980	8,2
Erdöl	Flachbrenner	4	0,5	600	13	0,95	0,80	6240	10,8
	Rundbrenner	25	1,9	330	7	0,52	0,44	3432	10,6
Spiritusglühlicht . . .		45	4	300	9	0,50	0,34	700	—
				cbm					
Leuchtgas	Schnittbrenner .	12	2,9	1,6	25,6	0,91	1,71	8480	6,2
	Argand-Brenner .	25	4,8	1,2	19,2	0,68	1,26	6360	6,1
	Glühlicht .	55	2	0,22	3,5	0,11	0,18	930	1,0

Wedding[71]) macht über Lichtſtärke und Verbrauch folgende Angaben:

	Lichtſtärke wagrecht	Lichtſtärke ſphäriſch	Stündlicher Verbrauch	Stündlich aufgewendete Wärmemenge	Wärme für 1 HK
Petroleumlicht	14,8 HK	13,2 HK	48,6 g	480 w	36,4 w
Spiritusglühlicht	65,2 »	42,9 »	129 »	698 »	16,3 »
Stehendes Gasglühlicht . .	73,8 »	52,3 »	112,3 l	573 »	11,0 »
Lucas-Licht	581 »	411 »	630 »	3210 »	7,32 »
Preſsgaslicht (Millenniumlicht)	1500 »	1060 »	1200 »	6120 »	5,77 »
Kohlenfaden-Glühlicht . . .	18,3 »	12,8 »	59,1 *Watt*	51,0 »	3,99 »

Die von ihm[72]) angegebenen Preiſe ſind zu niedrig. Legt man die üblichen Preiſe zu Grunde[73]), ſo erhält man für 1 Mark bei:

67) Nach *Rubner* beträgt die Lichtſtrahlung in Hundertteilen der Geſamtenergie bei der Paraffinkerze 0,45, beim Leuchtgas-Schnittbrenner 0,35, beim Glühlicht 0,25. — Nach *Tumlirz* (in: Sitzber. d. Wien. Akad. 1905) beträgt die Lichtſtrahlung beim Gasglühlicht 0,5 Vomhundert der Geſamtſtrahlung.

68) Die kubaniſche Feuerfliege, welche die Eingeborenen Zentralamerikas zur Beleuchtung benutzen, liefert 99 Vomhundert der Geſamtenergie als Lichtſtrahlen.

69) Nach: Zeitſchr. f. angew. Chemie 1896, S. 433, 662.

70) w = Kilogr. Wärmeeinheiten; *cal.* = Gramm Wärmeeinheit.

71) In: Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ing. 1904, S. 676 — und: Journ. f. Gasb. u. Waſſ. 1905, S. 1, 25, 45, 65, 87, 105.

72) A. a. O.

73) 1 cbm Leuchtgas 16 Pfennige, 1 Kilowatt 60 Pfennige.

Paraffinkerzen	100	Kerzenftunden
Leuchtgas-Schnittbrenner	400	»
Leuchtgas-*Argand*-Brenner	540	»
Acetylen	670	»
Erdöl-Flachbrenner	770	»
Spiritusglühlicht	1110	»
Erdöl-Rundbrenner	1400	»
Leuchtgas-Glühlicht	3230	»
Lucas-Licht	4000	»
Prefsgaslicht (Millennium)	5000	»
Kohlenfaden-Glühlicht	350	»

Abgefehen von der Kerzenbeleuchtung und der Starklichtbeleuchtung (*Lucas* und Prefsgas), welche letztere nur für grofse Räume in Frage kommen, ift daher das elektrifche Glühlicht am teuerften, das Leuchtgas-Glühlicht am billigften.

Beim Vergleich der Beleuchtungsarten ift noch zu berückfichtigen, dafs Kerzen, Erdöl- und Spirituslampen tragbar find, Leuchtgas (und Elektrizität) nicht.

Für Arbeitsplätze ift die ftrahlende Wärme wichtig. In der Zufammenftellung auf S. 44 enthält die letzte Spalte die Beftimmungen von *Rubner*[74]) für 8 HK in 37,5 cm Abftand (entfprechend 50 Meterkerzen). 5 bis 6 Grammwärmeeinheiten in der Minute auf 1 Quadr.-Dezimeter Fläche find fchon fehr läftig (heifser Kopf). Hier ift Gasglühlicht am beften (elektrifches Glühlicht gibt 2,2 Wärmeeinheiten).

Auch nach *Reichenbach*[75]) ift Gasglühlicht am günftigften; dann folgt Spiritusglühlicht.

Ferner kommt es meift weniger auf die Lichtmenge als folche, als auf die Beleuchtung des Arbeitsplatzes an. Hierfür kommt die Lichtverteilung in Frage.

b) Lichtquellen, Gasleitungen und Druckregler.

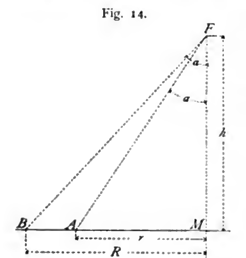
Von Dr. Hermann Fischer.

47. Zahl und Höhenlage der Lichtquellen.

Auf Grund des im vorftehenden Entwickelten erfcheint es zweckmäfsig, die Zahl der Lichtquellen möglichft gering zu machen.

Unter der Annahme, dafs die Helligkeit der Lichtftrahlen, welche innerhalb eines Kegels, deffen Spitzenwinkel 2α mifst, im wefentlichen fich gleicht, kann man die Beleuchtung einer ebenen Fläche wie folgt berechnen. Es fei F (Fig. 14) die leuchtende Flamme, deren Lichtftärke L Meterkerzen (MK) beträgt, d. h. in 1 m Entfernung ebenfo beleuchtet, wie L Vereinskerzen tun würden[76]); h bezeichne die Entfernung der Flamme F von der zu beleuchtenden Fläche, r den Abftand eines Punktes A der Fläche vom Fufspunkte M der Lotrechten FM (in Met.) und α die Neigung des zugehörigen Lichtftrahles gegenüber der genannten lotrechten Linie.

Fig. 14.



Alsdann ift die Helligkeit H des Punktes A, da diefe im umgekehrten Verhältnis zum Quadrat der Lichtftrahllänge und im geraden Verhältnis zum Sinus des Auffallwinkels FAM fteht,

$$\frac{H}{L} = \frac{1^2}{\left(\frac{r}{\sin \alpha}\right)^2} \sin FAM$$

oder

$$H = \frac{L}{r^2} \cos \alpha \sin^2 \alpha \quad \ldots \ldots \quad 1.$$

[74]) Siehe: Archiv f. Hygiene, Bd. 24, S. 297.
[75]) Siehe ebendaf. 1898 — und: Fischer's Jahresbericht etc. 1898, S. 99.
[76]) Siehe Art. 12, S. 12.

Aus diefer Gleichung läfst fich zunächft die zweckmäfsigfte Höhe h der Flamme über einer zu beleuchtenden Fläche vom Halbmeffer R berechnen. Die Fläche wird umfo beffer beleuchtet werden, je heller der Rand, als ihr am fchlechteften beleuchteter Teil, wird, alfo die günftigfte Höhe h diejenige fein, bei welcher H_R den gröfsten Wert annimmt.

Setzt man $H = \frac{L}{r^2} \cos\alpha \sin^2\alpha = f(\alpha)$, fo wird

$$f'(\alpha) = \frac{L}{r^2} [\sin^2\alpha (-\cos\alpha) + \cos\alpha \,.\, 2 \,.\, \sin\alpha\cos\alpha] = \frac{L}{r^2} (2\cos^2\alpha - \sin^2\alpha)\sin\alpha \,.$$

H erreicht den gröfsten Wert für $f'(\alpha) = 0$, d. h.

$$\frac{L}{r^2} (2\cos^2\alpha - \sin^2\alpha)\sin\alpha = 0,$$

fonach $$2\cos^2\alpha - \sin^2\alpha = 0 \quad \text{oder} \quad 2\cos^2\alpha - (1 - \cos^2\alpha) = 0,$$

daher $$3\cos^2\alpha = 1,$$

$$\cos^2\alpha = \frac{1}{3} \quad \text{und} \quad \cos\alpha = 0{,}577, \quad \text{woraus} \quad \alpha = 54^\circ 45'.$$

Hieraus gewinnt man in leicht zu erkennender Weife die zweckmäfsigfte Höhe h zu

$$h = 0{,}707\ R, \qquad 2.$$

wofür abgerundet gefetzt werden foll:

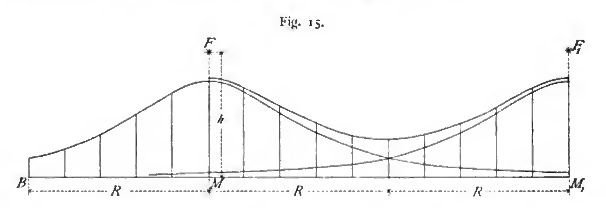
$$h = 0{,}7\ R \qquad 3.$$

$$a = 55^\circ \qquad 4.$$

Mit Hilfe der Gleichung 1 laffen fich ferner die Belichtungen der einzelnen Flächenpunkte berechnen; Fig. 15 bietet zwifchen den Lotrechten M und B eine Schaulinie, deren Ordinaten der Helligkeit entfprechen, welche der in $h = 0{,}7\ R$ angebrachte lichtfpendende Punkt F hervorbringt.

Diefe für die Nutzbarmachung des Lichtes günftigfte Höhenlage der Lampe liefert eine wenig gleichförmige Beleuchtung. Beifpielsweife ift die Mitte M (Fig. 15) 5,3mal fo hell als diejenige der in der Entfernung R von M gelegenen Punkte. Mit der Vergröfserung der Höhe h, bezw. Verringerung des gröfsten Wertes von α, nimmt die Gleichförmigkeit zu, gleichzeitig aber auch die Lichtausnutzung erheblich ab. Trotz letzteren Umftandes zieht man die gröfsere Höhe der Lichtquelle, behufs Steigerung der Gleichförmigkeit in der Beleuchtung, vielfach vor.

Fig. 15.



Würde über einen zweiten Punkt M_1 (Fig. 15) derfelben Ebene in der Entfernung $2R$ eine gleich ftarke Lichtquelle F_1 in gleicher Höhe angebracht, fo würde diefe zunächft den um M_1 gelegenen Flächenteil ebenfo beleuchten, wie links von FM gezeichnet ift. Zu gleicher Zeit würde aber diefe Fläche auch von F beleuchtet, ebenfo wie die zu F gehörige Fläche von F_1 eine zufätzliche Beleuchtung erfahren würde. Zur Gewinnung des wirklichen Wertes der Gefamtbeleuchtung jedes Punktes find die beiden Quellen entfpringenden Beleuchtungswerte zufammenzuzählen. Man erzielt hierdurch die zwifchen FM und F_1M_1 befindliche obere Schaulinie. Der Ver-

gleich letzterer mit der links von FM befindlichen Schaulinie ergibt eine nennenswert gleichförmigere Beleuchtung bei Paarung zweier Flammen, als wenn nur eine Flamme das Licht liefert. Man wird daher, zu Gunften gröfserer Gleichartigkeit der Beleuchtung, auch in diefer Richtung vielfach der unvollkommeneren Ausnutzung des Leuchtgafes durch mehrere kleinere, ftatt durch eine gröfsere Flamme den Vorzug geben.

48. Erforderliche Lichtmenge.

Zur Beftimmung der erforderlichen Lichtmengen wird in neuerer Zeit, ähnlich wie bei der Erhellung mittels Sonnenlicht (fiehe Art. 12, S. 12), auch bei der künftlichen Beleuchtung der Erhellungsgrad der beleuchteten Flächen in fog. Meter-Normalkerzen (MK) ausgedrückt. Die von *Cohn* für Tagesbeleuchtung aufgeftellte Forderung (fiehe Art. 15, S. 16), dafs für das Lefen und für Tätigkeiten, welche ähnlich angeftrengtes Sehen bedingen, 50 MK wünfchenswert, mindeftens aber 10 MK unbedingt notwendig feien, wird, obwohl diefe Forderung eine fehr hohe ift, auch auf die künftliche Erhellung zu übertragen fein. Indeffen find die Anfprüche an die künftliche Beleuchtung ungemein rafch gewachfen; es ift fraglich, ob zum Vorteile der Augen. Es ift nämlich nicht zu überfehen, dafs jede künftliche Beleuchtung ungleichmäfsige Helligkeit liefert (fiehe Art. 47, S. 46), dafs das Auge der Lichtquelle näher liegt als viele der beleuchteten Flächen, und deshalb, wenn es auf jene gerichtet wird, unter der Ueberflut des Lichtes leidet.

Fur Hörfäle verwendet man — nach zahlreichen von mir in deutfchen und öfterreichifchen Hochfchulen gemachten Beobachtungen — durchfchnittlich fur jeden Hörer die Lichtftärke von $1\frac{1}{2}$ bis 3 Kerzen.

Handelt es fich nicht um die Beleuchtung beftimmter Arbeitsplätze, fo können folgende Angaben als Anhalt dienen.

Nennt man Z die Zahl der erforderlichen Kerzenlichtftärken, C den Inhalt des zu beleuchtenden Raumes (in Kub.-Met.), fo kann man fur mittlere Anfprüche und Verhältniffe fetzen:

$$Z = \frac{C}{(1{,}3 \text{ bis } 2{,}5) + 0{,}0005\ C}, \quad \ldots \ldots \quad 5.$$

wobei eine zweckmäfsige Verteilung der Flammen und eine angenäherte Höhenlage h über dem Fufsboden angenommen ift nach der Formel:

$$h = (1{,}3 \text{ bis } 1{,}6 \text{ Met.}) + 0{,}25\ H \text{ Meter}, \quad \ldots \ldots \quad 6.$$

in welcher Formel H die lichte Höhe des Raumes (in Met.) bezeichnet.

Bei Benutzung der Gleichung 5 ift zu beachten, dafs die Helligkeit eines Zimmers in hohem Grade abhängt von der Farbe, wie der Geftalt der Einfchliefsungsflächen. Dunkle, matte Farben und ftark vorfpringende Verzierungen erfordern viel Licht; helle, glänzende Farben und glatte Flächen erfcheinen bei viel weniger Licht reichlicher beleuchtet. Verlangt man eine »glänzende« Beleuchtung, fo mufs man das aus Gleichung 5 gewonnene Z entfprechend vergröfsern.

49. Lage der Leitungen.

Die erforderliche Weite und die Lage der Gasleitung läfst fich nach der Gröfse, Zahl und Lage der Lichtquellen beftimmen. Was zunächft die Lage betrifft, fo ift zweifellos, dafs das Zuleitungs-Rohrwerk vom Brenner ab zunächft an eine der Einfchliefsungsflächen des Raumes, hiernach aber den Wänden, Decken u. f. w. entlang geführt wird. Den erftgenannten Teil des Rohrwerkes werde ich fpäter noch befprechen; in Bezug auf den letzteren, ausgedehnteren Teil ift zunächft die gegenfeitige Lage der zu beleuchtenden Räume, fowie deren Benutzungsart in das Auge zu faffen.

50. Anordnung des Rohrnetzes.

Von einem Punkte, und zwar von der Gasuhr (fiehe Art. 51) aus, ift eine Zahl von Räumen mit der geforderten Gasmenge zu verforgen. Liegen diefe Räume in einer Reihe nebeneinander, fo wird man ein Rohr ihnen entlang führen und für jeden Raum ein oder mehrere Zweigrohre anfchliefsen. Sind dagegen die Räume in mehreren Reihen neben- oder übereinander angeordnet, fo ift es zweifelhaft, ob jene erfte grätenartige Anordnung gewählt werden foll, oder ob eine Ringanordnung der Hauptrohre vorzuziehen ift. Fig. 16 ift eine fchematifche Darftellung der Rohrlage nach den beiden genannten Arten. Die dünnen ausgezogenen Linien follen die Gräten-, die geftrichelten Linien die Ringanordnung vorftellen. Man erfieht aus der Abbildung, dafs in Bezug auf den Preis der Anlage in vielen Fällen beide einander gleich fein werden. Ift der Preis nicht ausfchlaggebend, fo ift die Benutzungsart der Räume zu berückfichtigen. In dem Falle, dafs fämtliche Räume immer gleichzeitig beleuchtet werden, find beide Anordnungen ebenfalls gleichwertig; findet dagegen eine wechfelnde Benutzung der Beleuchtung ftatt, wird gewöhnlich die eine Gruppe der Räume benutzt, während die anderen unbeleuchtet bleiben, fo gewährt die Ringanordnung den nicht unbedeutenden Vorzug, einigen Räumen, die etwa fehr reichlich beleuchtet werden follen, das Gas von zwei Seiten zuzuführen. Da die Zuleitung von zwei Seiten ermöglicht ift, fo geftattet die Ringanordnung auch, einzelne Gebäudeteile, vielleicht behufs einer Ausbefferung, von der Gaszuleitung überhaupt auszufchliefsen, ohne die übrigen im Gasbezug zu befchränken. Mehr noch als in Fig. 16 treten diefe Vorteile in Fig. 17 hervor, welche die Hauptleitung der Technifchen Hochfchule in Hannover darftellt. Die liegenden Kreuze innerhalb der Leitung bezeichnen Abfperrfchieber, bezw. -Hähne, unter deren Benutzung das bei *A* eintretende Gas in verfchiedenartiger Weife geleitet werden kann.

Fig. 16.

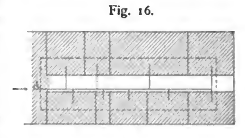
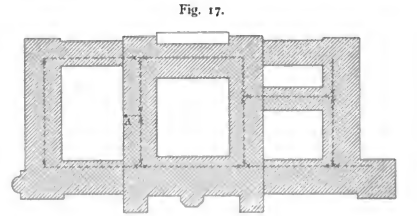


Fig. 17.



Hauptgasleitung im Gebäude der Technifchen Hochfchule zu Hannover.

1/2000 w. Gr.

51. Gasuhren.

Bei Eintritt des Gafes in das zu erleuchtende Gebäude mufs es zunächft die fog. Gasuhr durchftrömen, welche feine Menge mifst, behufs Berechnung des zu zahlenden Preifes. Diefe Gasuhren find, genau genommen, keine gerechten Meffer des Gafes, da fein Preis eigentlich auf Grund des Gewichtes und der Güte feftgeftellt werden follte. Wenn auch in Bezug auf letztere von Zeit zu Zeit amtliche Beobachtungen gemacht werden, fo genügen diefe doch nicht, den Käufer des Gafes vor Schaden zu fchützen.

Ein genaueres als das gebräuchliche Mefsverfahren, welches gleichzeitig praktifch durchfuhrbar ift, gibt es aber zur Zeit nicht; man mufs daher beftrebt fein,

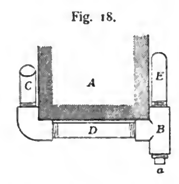
die wefentlichften Mängel des Raummeffens zu mildern. (Vergl. auch das in Kap. 9, unter e, 3 über Gasuhren Gefagte.)

Infolge von Temperaturfchwankungen nimmt eine und diefelbe Gasmenge verfchiedene Räume ein, fowohl infolge der unmittelbaren Ausdehnungen, bezw. Zufammenziehungen, als auch namentlich durch Aenderung des Vermögens, Waffer zu verdunften. Durch Abkühlung des Gafes wird es gezwungen, den aufgenommenen Wafferdampf zum Teil als Waffer abzugeben; nach Erwärmung des Gafes fucht es mit Begier Waffer zu verdunften und in fich aufzunehmen. Deshalb gilt als erfte Regel: die Gasuhr foll an einem möglichft kühlen Orte und fo aufgeftellt werden, dafs das Gas auf feinem Wege von der Strafsenleitung zur Gasuhr keine Gelegenheit findet, fich zu erwärmen. Selbftverftändlich mufs der betreffende Raum froftfrei fein, da infolge des Gefrierens des etwa mitgeriffenen Waffers empfindliche Störungen eintreten. Sonach ift der geeignetfte Ort für die Gasuhr im Kellergefchofs zu fuchen. Bei den mit Recht beliebten fog. naffen Gasuhren ift die Möglichkeit des Verdampfens von Waffer am gröfsten; man hat die Wafferfüllung der Uhren durch andere Flüffigkeiten, und zwar folche, die nicht trocknen, z. B. Glyzerin, Chlorcalciumlöfung u. f. w., zu erfetzen gefucht, jedoch bisher ohne den genügenden Erfolg.

52. Ableitung des Waffers.

Eine gewiffe Wafferdampfmenge führt das Leuchtgas faft immer mit fich. Wird es daher durch Räume geführt, welche kälter find als der Gasuhrraum, fo ift es wahrfcheinlich, dafs ein Teil des Wafferdampfes verdichtet wird. Man heizt nicht ftets fämtliche Räume; deshalb ift für eine zweckmäfsige Ableitung des Waffers Sorge zu tragen. Bei kürzeren Leitungen erreicht man diefe in der Regel durch eine von der Gasuhr fortlaufend fteigende Lage der Rohre, fo dafs das gebildete Waffer zur Gasuhr zurückfliefst. Nicht felten ift eine folche allmählich fteigende Lage nicht überall durchzuführen, z. B. wenn den Rohren ein Träger *A* (Fig. 18) den Weg verfperrt. Man fchaltet alsdann in den Rohrftrang *CDE* bei *B* ftatt eines Bogens oder Winkels ein **T**-Stück ein und benutzt deffen Ende, welches mittels des Pflockes *a* verftopft ift, zum Ablaffen des Waffers, welches fich etwa anfammelt. In ausgedehnteren Leitungen müffen gewöhnlich befondere Wafferfammler (Waffertöpfe oder Siphons) angeordnet werden, welche mit einem Auslafshahn verfehen oder ausgepumpt werden.

Fig. 18.



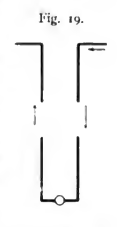
Der an der inneren Fläche der Rohre fich bildende Roft löft fich zuweilen von diefen ab und rutfcht in ftark fteigenden Leitungen nach unten, wofelbft eine teilweife Verftopfung der Leitung hervorgerufen werden kann. Behufs Befeitigung des Roftes fchaltet man am unteren Ende der ftark fteigenden Rohre in ähnlicher Art ein **T**-Stück ein, wie in Fig. 18 angegeben ift.

53. Haupthähne.

Zwifchen der Strafsenleitung und der Gasuhr follte immer ein Hahn oder für gröfsere Rohrweiten ein Schieber eingefchaltet werden, um fowohl bei Ausbefferungen der Gasanlage, als auch namentlich bei Unfällen das Gas völlig abfchliefsen zu können. Nicht felten empfiehlt es fich, in Rückficht auf Unfälle irgendwelcher Art, den genannten Haupthahn aufserhalb des Gebäudes zugänglich zu machen. Aufser dem erften Haupthahn follten in umfangreicheren Leitungen an geeigneten Stellen noch fernere Haupthähne zweiter Ordnung zum Ausfchlufs einzelner Gebäudeteile

oder auch einzelner Räume angebracht werden. Dieſe Abſchlüſſe haben insbeſondere auch den Zweck, die unvermeidlichen Undichtheiten der Rohrleitungen und Brennerhähne dadurch weniger ſchädlich zu machen, daſs man das ganze Rohrnetz oder Teile davon vom Gaszufluſs abſperrt, ſolange das Gas nicht benutzt wird. Liegen die abzuſperrenden Rohre ſo hoch, daſs die Bedienung der Abſchluſsvorrichtung unbequem wird, ſo ſchaltet man in den Rohrſtrang wohl eine nach unten hängende Schleiſe (Fig. 19), deren untere Biegung den Hahn oder das Ventil aufnimmt.

Fig. 19.



Die Leitungsrohre ſollen nach Möglichkeit zugänglich bleiben. Sie ſollen daher in den Zimmern auf, nicht unter den Verkleidungen, auf dem Putz der Wände und der Decken liegen. Die Gasleitung iſt in denjenigen Gebäuden, in welchen ſie angebracht wird, ein vollberechtigter Gebäudeteil; ſie verdient daher künſtleriſch ausgebildet, nicht aber verſteckt zu werden. Zum Unterbringen der dickeren Hauptleitungsrohre, welche ſchwer in den Schmuck der Wände und Decken einzuſchlieſsen ſind, benutzt man die Kellerräume oder den Dachboden. Soweit die Rohre nicht frei gelegt werden können, ſollen ſie mindeſtens frei von Verbindungsſtellen ſein.

54. Weite der Rohre.

Die erforderliche Weite der Rohre iſt nach den gegebenen Drücken an der Gasuhr und an den Brennern, nach den Widerſtänden der Bewegung in der Leitung und nach der Höhenlage des in Frage kommenden Brenners gegenüber der Gasuhr zu berechnen.

Der Druck an der Gasuhr iſt in verſchiedenen Städten und auch an verſchiedenen Orten innerhalb derſelben Stadt verſchieden. Man hat ſich daher nach den örtlichen Verhältniſſen zu erkundigen. In der Regel kann man auf 16 mm Waſſerſäule vor der Gasuhr rechnen. Die Gasuhr leiſtet einen Widerſtand von 3 bis 4 mm Waſſerſäule; der am Hahn des Brenners notwendige Druck — welcher alſo durch den Hahn und die Leitung von dieſem zum Brenner noch verringert wird — iſt zu etwa 8 mm Waſſerſäule anzunehmen.

Die Höhenlage des Brenners macht ſich in folgender Weiſe bemerklich. Das Einheitsgewicht des Leuchtgaſes ſchwankt nach ſeiner Zuſammenſetzung; im Mittel kann man es zum 0,42fachen desjenigen der atmoſphäriſchen Luft annehmen. Es wiegt 1 cbm Luft bei 10 Grad Temperatur 1,2 kg, 1 cbm Gas unter der obigen Annahme 1,2 . 0,42 = 0,5 kg. Folglich bringt jedes ſteigende Meter einer Gasleitung eine Vermehrung des Drucküberſchuſſes des Gaſes gegenüber der Luft von 1,2 — 0,5 = 0,7 kg hervor; wiegt dagegen 1 cbm Gas 0,7 kg, ſo verringert ſich die Druckerhöhung für das ſteigende Meter auf 1,2 — 0,7 = 0,5 kg für 1 qm Grundfläche. Eine Waſſerfläche von 1 qm Gröſse und 1 mm Dicke wiegt 1 kg; folglich entſpricht die genannte Ueberdruckzunahme einer Waſſerſäule von 0,7 mm, bezw. 0,5 mm. Wenn kein Gas verbraucht wird, alſo keine Reibungswiderſtände ſich geltend machen können, ſo iſt hiernach der Ueberdruck in einem Leitungsſtück, welches 10 m höher liegt als ein anderes, um 7 mm, oder 5 mm Waſſerſäule gröſser als in letzterem. Dies iſt die Urſache, warum man im allgemeinen vorzieht — was in den meiſten Fällen örtliche Verhältniſſe allein ſchon empfehlenswert erſcheinen laſſen — das Gas von unten nach oben zu führen, da die entſtehenden Reibungsverluſte durch die angegebene Ueberdruckzunahme eine Ausgleichung finden.

55. Widerstandshöhen.

Nennt man die Länge eines geraden Rohres l, seinen Durchmesser d, die sekundliche Geschwindigkeit des Gases v (alles in Met.), ferner g die bekannte Zahl 9,81, γ das Gewicht von 1 cbm Gas, so ist, wie in den Kapiteln über »Heizung und Lüftung« näher erörtert werden wird, die durch Reibung entstehende Widerstandshöhe z (in Millim. Wassersäule):

$$z = \gamma \left(\frac{1}{v} + 20\right) (0{,}0003 \text{ bis } 0{,}0001) \frac{l}{d} \cdot \frac{v^2}{2g} \quad \ldots \ldots \quad 7.$$

Die Geschwindigkeit v des Gases wird sehr selten geringer als 0,5 m oder gröfser als 3,0 m angenommen; man kann daher das Glied $\frac{1}{v}$ des ersten eingeklammerten Wertes vernachläffigen. Der Zustand der Rohroberfläche ist im allgemeinen ein guter, weshalb für den Wert der zweiten Klammer 0,0004 genommen werden darf. Das Gewicht γ von 1 cbm Gas darf durchschnittlich zu 0,5 kg angenommen werden.

Nach Einführung dieser Durchschnittswerte und Ersatz des Ausdruckes v durch Q, welches die stündlich geförderte Gasmenge (in Kub.-Met.) bezeichnet, endlich nach Ersatz der Gröfse d (in Met.) durch d_1 (in Centim.) erhält man für die Widerstandshöhe folgende einfache Formel:

$$z_1 = l \frac{Q^2}{d_1^{\,5}} \quad \ldots \ldots \quad 8.$$

Die Widerstandshöhe z_2, die aus einer Querschnittsveränderung der Leitung hervorgeht, ist schwer in bequemer Weise auszudrücken. Bei guten Leitungen sind die Querschnittsveränderungen gewöhnlich nicht erheblich, weshalb diese Widerstandshöhe vernachläffigt werden mag. Der Widerstand in einem Knie ist

$$z_3 = \gamma \frac{v^2}{2g} = 0{,}4 \frac{Q^2}{d_1^{\,4}} \quad \ldots \ldots \quad 9.$$

und derjenige eines Bogens durchschnittlich

$$z_4 = 0{,}3 \ \gamma \frac{v^2}{2g} = 0{,}12 \frac{Q^2}{d_1^{\,4}} \quad \ldots \ldots \quad 10.$$

zu setzen. Die umstehende Tabelle enthält eine Zahl von mit den Formeln 8, 9 u. 10 gewonnenen Werten. Die Benutzungsart dieser Tabelle dürfte ohne weiteres verständlich sein.

56. Beispiel.

Beispiel. Eine Gasleitung, welche im ganzen stündlich ($Q =$) 20 cbm Gas verbraucht, sei im Grundrifs nach der unteren Hälfte von Fig. 20 verzweigt; es mögen einige Teile der Leitung berechnet werden. Der Brenner A, vor dessen Hahn 6 mm Ueberdruck herrschen soll, liege 3 m höher als die Gasuhr U (Fig. 20, Aufrifs), und die Leitung liege um noch 2 m höher. Der Druck hinter der Gasuhr U sei 12 mm.

Alsdann ist der zuläffige Druckverlust: $12 - 6 + 3 \cdot 0{,}5 = 7{,}5$ mm; dem gegenüber die gesamte Leitungslänge von der Uhr U zum Brenner A: $3 + 2 + 12 + 3 + 6 + 2 + 9 + 2 = 39$ m. Es ist daher zuläffig, für jedes Meter der Leitung

$$7{,}5 : 39 = \backsim 0{,}2 \text{ mm}$$

an Druck zu verlieren.

Da nun nach Gleichung 8

$$z = l \frac{Q^2}{d_1^{\,5}} \quad \text{oder} \quad d_1 = \sqrt[5]{\frac{l\,Q^2}{z}}$$

ist, so gewinnt man für die Rohrweite zwischen Gasuhr und erstem Zweigrohr, weil $Q = 20$, $l = 1$ und $z = 0{,}2$,

$$d_1 = \sqrt[5]{\frac{1 \cdot 20^2}{0{,}2}} = 4{,}6 \text{ Centim.}$$

Widerftandshöhen

z_1 für 1 m gerader Leitung bei einer Rohrweite $d_1 =$

Stündliche Gasförderung Q	0,6	0,95	1,25	1,6	1,9	2,25	3,2	3,8	5,1 cm
0,1	0,13	0,0							
0,2	0,51	0,05	0,016						
0,3	1,15	0,12	0,029	0,008					
0,5		0,32	0,082	0,024	0,010				
0,7		0,63	0,16	0,047	0,019	0,005			
1,0			0,41	0,095	0,040	0,009			
1,5			0,72	0,21	0,09	0,021	0,002		
2,0				0,35	0,16	0,037	0,012	0,005	
3,0				0,96	0,36	0,083	0,027	0,011	
4,0					0,64	0,15	0,045	0,020	
5,0						0,23	0,025	0,031	0,007
6,0						0,33	0,11	0,045	0,011
7,0						0,45	0,15	0,061	0,014
8,0							0,19	0,080	0,019
9,0							0,24	0,102	0,024
10,0							0,30	0,13	0,029
12,0							0,43	0,18	0,042
15,0							0,67	0,31	0,065
20,0								0,50	0,116
Kub.-Met.	Millimeter Wafferfäule								

z_3 für ein Knie bei einer Rohrweite $d_1 =$

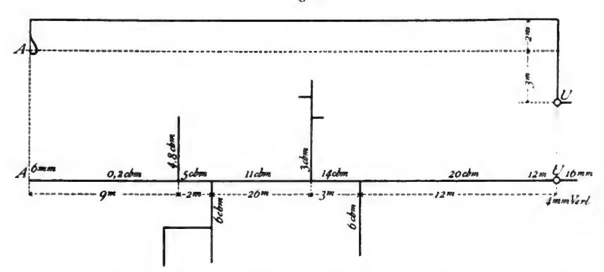
Stündliche Gasförderung Q	0,6	0,95	1,25	1,6	1,9	2,75	3,2	3,8	5,1 cm
0,1	0,031	0,005							
0,2	0,125	0,020	0,007						
0,3	0,28	0,045	0,015	0,005					
0,5		0,125	0,041	0,015	0,008				
0,7		0,25	0,08	0,02	0,015	0,007			
1,0			0,16	0,06	0,03	0,016			
1,5			0,37	0,14	0,07	0,035	0,009		
2,0				0,24	0,12	0,062	0,015	0,008	
3,0				0,54	0,27	0,14	0,033	0,017	
4,0					0,48	0,25	0,06	0,030	
5,0						0,41	0,10	0,048	0,015
6,0						0,56	0,14	0,065	0,021
7,0						0,76	0,18	0,09	0,029
8,0							0,24	0,12	0,038
9,0							0,31	0,15	0,048
10,0							0,38	0,19	0,059
12,0							0,55	0,27	0,085
15,0							0,83	0,42	0,12
20,0								0,76	0,24
Kub.-Met.	Millimeter Wafferfäule								

z_4 für einen Bogen bei einer Rohrweite $d_1 =$

Stündliche Gasförderung Q	0,6	0,95	1,25	1,6	1,9	2,25	3,2	3,8	5,1 cm
0,1	0,009	0,002							
0,2	0,037	0,006	0,002						
0,3	0,048	0,013	0,005	0,002					
0,5		0,037	0,012	0,005	0,002				
0,7		0,075	0,024	0,009	0,005	0,002			
1,0			0,05	0,018	0,009	0,005			
1,5			0,11	0,04	0,02	0,011	0,003		
2,0				0,07	0,04	0,019	0,005	0,002	
3,0				0,16	0,08	0,04	0,010	0,005	
4,0					0,14	0,08	0,018	0,009	
5,0						0,12	0,03	0,014	0,005
6,0						0,12	0,04	0,020	0,006
7,0						0,23	0,05	0,027	0,009
8,0							0,07	0,036	0,011
9,0							0,09	0,045	0,014
10,0							0,11	0,057	0,018
12,0							0,16	0,08	0,025
15,0							0,25	0,13	0,039
20,0								0,23	0,072
Kub.-Met.	Millimeter Wafferfäule								

Diefe Rohrweite kommt im Handel nicht vor, weshalb die nächft gröfsere $d_1 = 5{,}1$ Centim., welche nur $z_1 = 0{,}116$ mm Druckverluft für 1 m, oder die nächft kleinere, $d_1 = 3{,}8$ cm, welche 0,5 mm Druckverluft für 1 m Leitungslänge verurfacht, zu wählen ift. Im erfteren Falle würde ein gröfserer Druckverluft, im letzteren ein kleinerer als der mittlere von 0,2 mm für den Reft der Leitung verfügbar bleiben.

Fig. 20.



Es fei 5,1 cm Rohrweite gewählt. Hinter dem erften Zweigrohr find noch $20 - 6 = 14$ cbm zu fördern, welche in einem 3,8 cm weiten Rohr für 1 m Länge

$$z_2 = \frac{1 \cdot 14^2}{3{,}8^5} = 0{,}247 \text{ mm}$$

Widerftand verurfacht; im folgenden Abfchnitt, welcher $14 - 3 = 11$ cbm Gas zu leiten hat, erzeugt das 3,8 cm weite Rohr

$$z_2 = \frac{1 \cdot 11^2}{3{,}8^5} = 0{,}152 \text{ mm}$$

Widerftand. Nunmehr mindert fich die Gasmenge auf $11 - 6 = 5$ cbm, welche das 2,55 cm weite Rohr mit

$$z_3 = 0{,}23 \text{ mm}$$

Widerftand fördert. Bis hierher find von den verfügbaren 7,5 mm verbraucht:

$$(5 + 12)\, 0{,}116 + 3 \cdot 0{,}247 + 11 \cdot 0{,}152 + 2 \cdot 0{,}23 = 4{,}856 \text{ mm},$$

fo dafs für den Reft (9 + 2 m) noch $7{,}5 - 4{,}856 = \backsim 2{,}64$ mm verwendet werden können. Man mufs jedoch, wie aus der Tabelle hervorgeht, das 0,55 cm weite Rohr wählen, welches nun $(9 + 2)\, 0{,}05 = 0{,}55$ mm Widerftand leiftet.

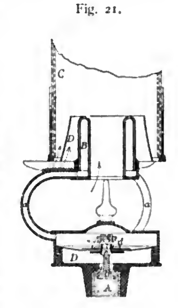
57. Druckregler.

Trotz forgfältigfter Beftimmung der Rohrweiten und Anordnung der Rohrftränge ift man nicht im ftande, auch nur annähernd gleiche Drucke in den Brennern zu erhalten, was eine gute Ausnutzung des Gafes, wie oben näher erörtert, vorausfetzt. Aber felbft, wenn es gelungen wäre, diefe gleichmäfsige Druckverteilung für einen Zuftand zu gewinnen, fo würde diefe für alle übrigen Benutzungsarten der Anlage nicht eintreten können, indem durch Ausfchliefsen eines Raumes von der Beleuchtung, oft durch Abfperren einiger Brenner, die Bewegungshinderniffe des Gafes vermindert werden, alfo der Gasdruck eine Erhöhung erfährt. In weit höherem Mafse als durch die Wechfel, die in der Benutzung der Brenner eines Haufes ftattfinden, wird der Gasdruck beeinflufst durch den wechfelnden Gasverbrauch einer Strafse oder eines Stadtviertels. Man ift daher gezwungen, die Leitung fo einzurichten, dafs mindeftens der erforderliche, fonft ein höherer Druck vor jedem Brenner vorhanden ift. Die Hähne, mit welchen der Gaszuflufs

fonst abgesperrt wird, dienen alsdann gleichzeitig zur Drosselung oder entsprechenden Verminderung des Druckes.

Da die Bedienung der Hähne einige Sorgfalt und viel Zeit beansprucht, so hat man durch Einschalten sog. **Druckregler** in das Rohrnetz die Druckschwankungen in engere Grenzen geschlossen oder aber unter jeden Brenner einen solchen Druckregler angebracht. Durch erstere wird in geringerem, durch letztere in höherem Maße eine Gleichmäßigkeit des Druckes erzielt.

Fig. 21.



Argand-Brenner mit Druckregler.

1/2 w. Gr.

Die unten verzeichnete Quelle[77]) enthält eine Uebersicht der vorkommenden Druckregler; hier mag die Anführung eines Beispieles genügen.

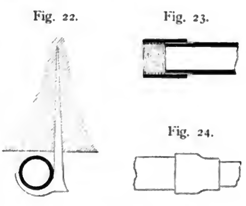
Fig. 21 ist ein Durchschnitt davon; der obere Teil der Figur besteht aus dem *Argand*-Brenner, der keiner weiteren Erläuterung bedarf. Das Gas gelangt aus dem in die Tülle *A* geschraubten Rohr zunächst in den Druckregler, durchströmt diesen in der Weise, wie die eingezeichneten Pfeile angeben, und gelangt durch die drei Röhrchen *a* in den Brennerkopf *B*. Ueber *A* befindet sich eine ventilsitzartige Verengung, gegen deren kegelförmige Fläche sich unter Umständen der Kegel *b* legt. Der letztere ist an einer Gummiplatte befestigt, welche die Decke der kreisrunden Kammer *D* bildet. Sofern nun der Gasdruck in *D* ein gewisses Maß überschreitet, wird die Gummiplatte und mit ihr der Kegel *b* gehoben, somit die ringförmige Gaszuströmungsöffnung verengt und der Druck in *D* vermindert. In *D* muß ein höherer Druck herrschen als in *B*, weil die Bewegungshindernisse von *D* nach *B* überwunden werden müssen. Die Anfertigung des Ganzen kann nicht so sorgfältig sein, daß die Widerstände immer dieselben sind; deshalb hat man in den kronenförmigen Körper *d* eine Schraube mit Spitze gesetzt, durch welche die Ausströmungsöffnung im Hals *i* nach Bedarf verengt werden kann.

58. Schmiedeeiserne Leitungen.

Die Hausleitungen werden meistens aus schmiedeeisernen Rohren und zugehörigen Verbindungsstücken hergestellt und mittels Rohrhaken (Fig. 22) an den Wänden oder Decken befestigt.

Die im Handel vorkommenden schmiedeeisernen Rohre haben die im I. Teile des vorliegenden Handbuches (Band 1: Die Technik der wichtigeren Baustoffe, Abschn. 1, Kap. 6: Eisen und Stahl, unter c, 7) angegebenen Abmessungen.

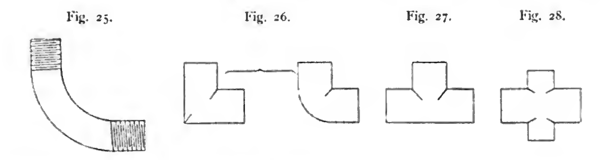
Fig. 22. Fig. 23. Fig. 24.



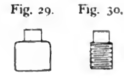
Die einzelnen Rohrstücke, welche in Längen von 2,50 bis 3,60 m geliefert werden, verlängert man mittels Muffen (Fig. 23), in welche die mit Gewinden versehenen Rohrenden je bis zur Mitte — unter Anwendung von Mennigekitt und Hanf — eingeschraubt werden. Ist man nicht im stande, zu diesem Zweck eines der Rohre zu drehen, so muß man ein sog. Langgewinde anwenden. Das Ende des einen Rohres ist alsdann mit einem so langen Gewinde versehen, daß die Muffe auf ihr vollständig Platz hat. Nachdem das Rohr dem anderen gegenüber in die richtige Lage gebracht ist, dreht man die Muffe so lange, bis sie den Rohrstoß richtig deckt.

[77]) Zeitschr. d. Ver. deutscher Ing. 1883, S. 241, 315.

Verjüngungen des Rohrftranges erzielt man mittels der Verjüngungsmuffe (Fig. 24), Biegungen durch Biegen des Rohres, meiftens aber mit Hilfe von Bogen- (Fig. 25) oder Knieftücken (Fig. 26). Zweigrohre werden mit Hilfe der T-Stücke


Fig. 25. Fig. 26. Fig. 27. Fig. 28.

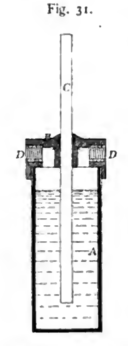
(Fig. 27) oder Kreuzftücke (Fig. 28) angefchloffen. Beide find mit innerem Gewinde verfehen und verbinden demnach mit ihrem eigentlichen Zweck denjenigen der Muffen. Indem man den einzelnen Zweigen der Kreuz- und T-Stücke verfchiedene Weiten gibt, kann man fie auch zur Verjüngung der Leitung benutzen. Den Endabfchlufs der Leitungen bringt man hervor durch Kappen (Fig. 29), die mit innerem Gewinde, oder durch Stöpfel oder Pflöcke (Fig. 30), welche mit äufserem Gewinde verfehen find.


Fig. 29. Fig. 30.

59. Prüfung der Leitungen.

Die gröfste Sorgfalt beim Legen der Rohre bietet allein keine fichere Bürgfchaft fur die genügende Dichtheit der Leitung; es bedarf hierzu vielmehr einer regelmäfsigen Prüfung. Die Gasarbeiter begnügen fich oft, nach der Herftellung einer Verbindung die Luft aus dem andererfeits abgefperrten Rohrftrang zu faugen und dann die Zunge vor das freie Ende des Rohres zu legen. Ift nach einiger Zeit das Abheben der Zunge noch erfchwert, fo erklären fie den betreffenden Teil der Leitung für dicht. Diefes Verfuchsverfahren ift indeffen nicht genügend; man follte vielmehr immer mit dem Manometer arbeiten. Eine zweckmäfsige Form eines folchen läfst Fig. 31 erkennen.

Fig. 31.



Waffermanometer.
1/4 w. Gr.

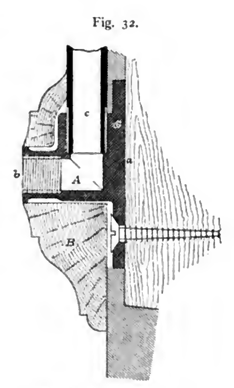
Ein fchmiedeeifernes Rohr *A* ift an einem Ende zugefchweifst und oben mit einer Kappe *B* luftdicht verfchloffen. In *B* find drei Bohrungen angebracht, nämlich eine in der Mitte, in welche ein Glasrohr *C* eingedichtet ift, und zwei feitwärts liegende *D*, *D*. Eine der letzteren ift mit dem Anfang der Leitung verbunden, während die andere eine Art Mundftück enthält. In *A* ift Waffer gegoffen. Nachdem ein Teil der Leitung gelegt ift, fchliefst man ihr Ende und bläft kräftig in das Mundftück *D*, fo dafs das Waffer entfprechend hoch in *C* auffteigt. Nunmehr fchliefst man das Mundftück mit dem Daumen oder auch mittels eines eingefchalteten Hahnes und beobachtet den Wafferfpiegel; finkt diefer nicht, fo ift die Leitung dicht; fenkt er fich aber mit einiger Gefchwindigkeit, fo mufs die undichte Stelle aufgefucht werden. Dies gefchieht, indem man die verdächtigen Stellen mit Seifenwaffer beftreicht; die austretende Luft bildet Blafen, welche den Ort der Undichtheit leicht erkennen laffen. Wiederholt man den Verfuch nach Fertigftellung je einer ferneren Strecke, fo hat man die etwaigen Fehler immer nur innerhalb eines kleineren Raumes zu fuchen und kann, wenn die Leitung verdeckt werden foll, die Putzarbeit dem Rohrlegen unmittelbar folgen laffen.

60. Decken- und Wandfcheiben.

Die nach den Brennern führenden Rohre werden an den Leitungen entweder mit Hilfe der Knie- oder T-Stücke befeftigt, in welchem Falle in ihrer unmittel-

barer Nähe ein Rohrhaken eingeschlagen ist, oder es wird eine Wand- oder Deckenscheibe (Fig. 32) eingeschaltet.

Fig. 32.



Wandscheibe. — $^1/_2$ w. Gr.

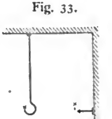
Diese besteht aus einem Messingwinkel *A* mit breitem Fuss *a*, mit Hilfe dessen der Winkel an die Schalung der Decke oder an einen in die gemauerte Wand eingegipsten Holzklotz befestigt wird. In *c* endet das betreffende Leitungsrohr; in *b* wird das Rohr befestigt, welches zum Brenner führt. Des guten Aussehens halber wird die Decken- oder Wandscheibe *Aa* mittels einer hölzernen oder metallenen Scheibe *B* verdeckt. Schwere Kronleuchter erfordern eine besondere Aufhängung.

61.
Kugelgelenke.

Das in *b* (Fig. 32) zu schraubende schmiedeeiserne oder Messingrohr wird sehr häufig als Steifrohr ohne weiteres, nur unter Einschaltung eines Hähnchens, bis zum Brenner fortgeführt, wie Fig. 33 erkennen läfst. Lange hängende Steifrohre geben, infolge zufälliger Seitendrücke, Veranlassung zu Undichtheiten an der Deckenscheibe. Man schaltet, um diese zu vermeiden, ein Kugelgelenk (Fig. 34) ein. Der Deckel *b* des letzteren wird durch das Gewicht des Rohres *c* nebst Zubehör so gegen die Kugel *a* gedrückt, dafs eine vollständige Dichtheit der beweglichen Verbindung gesichert ist.

62.
Bewegliche Einrichtungen.

Fig. 33.

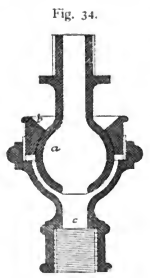


Behufs Gewinnung der Möglichkeit, den Ort des Brenners verändern zu können, sind die folgenden Einrichtungen im Gebrauch.

Die freieste Beweglichkeit gewährt die Einschaltung eines **Schlauches** zwischen Wandscheibe und Brenner, bezw. Lampe. Der Gummischlauch pflegt nach einigem Gebrauch einen unangenehmen Geruch zu verbreiten, weshalb das **Gelenkrohr** (Fig. 35) häufiger im Gebrauch ist.

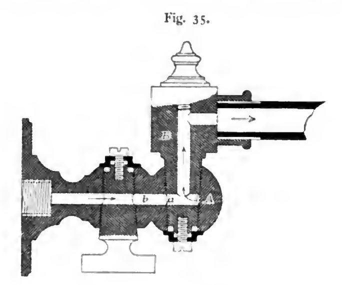
Es enthält ein oder mehrere Gelenke; der Rohrkopf *A* ist kegelförmig gebohrt und nimmt den Zapfen des Rohrkopfes *B* auf. Dieser Zapfen ist bei *a* mit einer Rille versehen (oder der

Fig. 34.



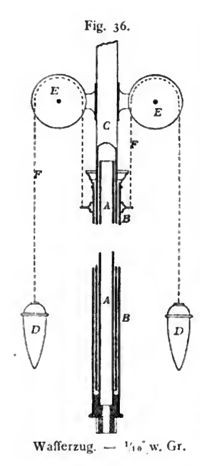
Kugelgelenk. — $^1/_2$ w. Gr.

Fig. 35.



Gelenkrohr. — $^2/_3$ w. Gr.

Fig. 36.



Wafferzug. — $^1/_{10}$ w. Gr.

Rohrkopf *A* mit einer ringsumlaufenden Ausfparung), fo dafs das von *b* zuftrömende Gas den Zapfen von *B* ringsum befpülen, alfo in jeder Stellung des Kopfes *B* gegenüber *A* in die Bohrung des erfteren gelangen kann.

63. Wafferzüge.

Während das Gelenkrohr für folche Flammen beliebt ift, welche von einer Wand aus mit Gas gefpeift werden, zieht man für diejenigen Brenner, welche an der Decke hängen, in der Länge veränderliche Rohre vor. Teils wird die Veränderlichkeit der Länge durch ftopfbüchfenartige Verbindungen erzielt, teils verwendet man den fog. Wafferzug (Fig. 36).

Das mit den Brennern in fefter Verbindung ftehende Rohr *A* ift von einem gleichachfigen Rohr *B* fo umgeben, dafs ein ringförmiger, unten gefchloffener Hohlraum entfteht. In diefen mit Waffer gefüllten Hohlraum taucht das untere Ende des an der Decke befeftigten Gasrohres *C*. Das Waffer bildet hiernach einen dichten Verfchlufs zwifchen dem feften Rohr *C* und dem beweglichen Rohr *A*. Das Gewicht des letzteren nebft allem Zubehör mufs ausgeglichen werden, was durch Gegengewichte *D*, welche an den über die Rollen *E* gelegten Ketten *F* hängen, erfolgt. Dasjenige Waffer, welches durch Verdunftung aus dem Verfchlufs entfernt wird, mufs von Zeit zu Zeit erfetzt werden.

c) Flammengruppen.

Von Dr. Hermann Fischer.

64. Gaskronen und Sonnenbrenner.

Obgleich die vorteilhaftefte Ausnutzung des Leuchtgafes gewonnen werden würde, wenn man die einzelnen Flammen in einer Ebene, deren Höhenlage früher angegeben ift, gleichmäfsig verteilt, fo pflegt man, um ein befferes Ausfehen zu gewinnen, die Flammen in Gruppen zufammenzufaffen, fog. Gaskronen anzuwenden. Hierbei wird die Zahl der lotrechten, den freien Raum durchfchneidenden Rohre wefentlich verringert. In einzelnen Fällen ift man in der Sammlung der Flammen zu Gruppen noch weiter gegangen; man hat fog. Sonnenbrenner hergeftellt. Das Wefentlichfte des Sonnenbrenners befteht in einer derartigen Sammlung der Einzelflammen, dafs eine einzige, ringförmige Flamme gebildet wird, und in einer ficheren Luftzufuhrung. Der Sonnenbrenner erinnert fonach an den *Argand*-Brenner.

65. Abführung der Verbrennungsgafe.

Die Brenner führen im allgemeinen die Verbrennungsgafe dem erleuchteten Raume zu. Die befonders unangenehmen der letzteren, die Schwefelverbindungen, treten in fehr geringen Mengen auf; dagegen wirken die eigentlichen Verbrennungsgafe, Wafferdampf und Kohlenfäure, ihrer grofsen Menge halber, fehr verunreinigend auf die Luft des beleuchteten Raumes. Auch kann die Wärmeentwickelung oft höchft beläftigend fein.

Als Mittelwerte kann man annehmen, dafs 1 cbm Gas 0,9 bis 1,6 kg Kohlenfäure, 0,8 bis 1,3 kg Wafferdampf und 4000 bis 7000 Wärmeeinheiten entwickelt. Hiernach liegt die Berechtigung des Wunfches vor, die Mifchung der Verbrennungsgafe mit der Zimmerluft zu verhindern.

Man hat zu diefem Zwecke die Lichtflammen durch Glaswände vom Zimmer

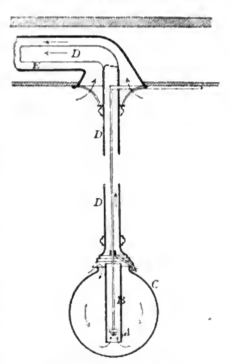
abgefperrt oder auf andere Art dafür geforgt, dafs die Verbrennungsgafe ficher abgeführt werden.

Erfteres ift verhältnismäfsig leicht durchzuführen für Räume, in welche auch das Tageslicht durch die Decke einfällt. Die mit Spiegeln verfehenen Lampen find auf einem oder mehreren Wagen befeftigt und werden, fobald die Dunkelheit es verlangt, über die Glasdecke gefahren. Es fei erwähnt, dafs die zu entwickelnde Lichtmenge, teils wegen der gröfseren Entfernung der Flammen von den zu beleuchtenden Gegenftänden, teils wegen des Lichtverfchluckungsvermögens des Glafes (fiehe die Angaben in Art. 10, S. 10 ff.) wefentlich gröfser fein mufs, als wenn die Flammen in der wie oben angegebenen Höhe frei im zu beleuchtenden Raume angebracht find. Ueber der Glasdecke mufs, behufs Abführung der Rauchgafe und der Wärme, ein lebhafter Luftwechfel erhalten werden.

Fig. 37 verfinnlicht die Einrichtung, welche beftimmt ift, von einem *Argand*-Brenner fämtliche Rauchgafe und wenigftens einen erheblichen Teil der Wärme abzuleiten.



Fig. 37.

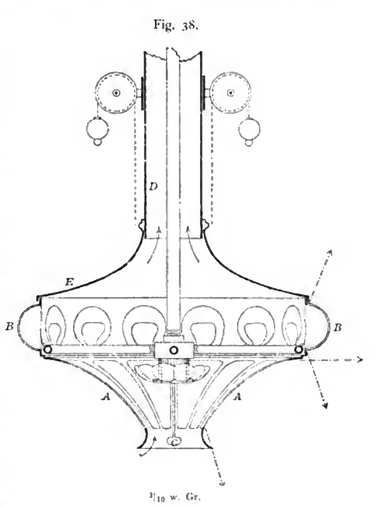


Rickets' Kugellicht.
(*Benham & Sons* in London.)
$^1/_{15}$ w. Gr.

A bezeichnet den Brenner, *B* fein Zugglas, *C* eine Milchglaskugel, welche an ihrem oberen Ende fo aufgehängt ift, dafs man fie behufs des Entzündens der Flamme abnehmen kann. Infolge der Erwärmung der Luft im Glasrohre *B* wird vom oberen Rand der Kugel die erforderliche Verbrennungsluft herabgefaugt. Die Verbrennungsgafe entweichen durch das Rohr *D* nach oben und faugen eine, wenn auch kleine Luftmenge durch den Spalt über dem Rande der Kugel *C* an; fie werden ferner durch ein weiteres, im Gebälk untergebrachtes Rohr *E* geführt, deffen Luft fie erwärmen, fo dafs, wenn *E* fchliefslich in einen lotrechten Schlot mündet, auch die Luft in letzterem in lebhaften Flufs gelangt. Die hierdurch hervorgebrachte Luftabführung hat vorwiegend den Zweck, eine genügende Wärmeabfuhr vom Rohr *D* zu veranlaffen.

Fig. 38 ftellt einen ähnlich eingerichteten Kronleuchter in lotrechtem Schnitt dar.

Fig. 38.



$^1/_{10}$ w. Gr.

Es find zwei Flammenringe übereinander angebracht, die ihr Licht durch die Glasflächen *A* und *B* in den Raum

fenden. Der Gaszuflufs erfolgt durch das in der Mitte von D liegende fchmiedeeiferne Rohr; er wird mit Hilfe eines Hahnes geregelt, der bei C eingeftellt werden kann. Das Rohr D führt die Gafe ab. Behufs des Anzündens wird der Deckel E, deffen Gewicht durch Gegengewichte ausgeglichen ift, gehoben.

Statt der Schnittbrenner nimmt man vorteilhaft Glühlichtbrenner mit Platinzünder.

Literatur.

Bücher und Zeitfchriften über »Gasbeleuchtung«.

ARSON, MONARD & HONORÉ. *Expériences fur l'écoulement des gaz en longues conduites faites dans les ufines de la Compagnie Parifienne d'éclairage et de chauffage par le gaz, par ordre de* M. DE GAYFFIER *et* DE M. CAMUS. Paris 1867.

ILGEN, F. H. W. Die Gasinduftrie der Gegenwart etc. Halle 1873.

TIEFTRUNK. Die Gasbeleuchtung. Stuttgart 1874.

KUHLMANN, F. *De l'éclairage et du chauffage par le gaz au point de vue de l'hygiène.* Paris 1876.

GERMINET, G. *Chauffage et éclairage par le gaz.* Paris 1876.

MONNER, D. *Aide-mémoire pour le calcul des conduites de diftribution du gaz de l'éclairage et de chauffage.* Paris 1876.

Common fenfe for gas ufers. A catechism of gas-lighting. London 1877.

SCHAAR, G. F. Die Steinkohlengasbereitung. Leipzig 1877. — 2. Aufl. 1880.

LÜDICKE, A. Praktifches Handbuch für Kunft-, Bau- und Mafchinen-Schloffer. Weimar 1878.

MENDLIK, A. Die Gasbeleuchtung. Budapeft 1879.

MÜLLER, A. Die Gasbeleuchtung im Haufe etc. Wien 1880.

HUGHES, S. *The conftruction of gas works and the manufacture and diftribution of coal gas.* London 1853. — 6. Aufl. von W. RICHARDS: 1880.

SCHOLTZ, A. Conftruktion und Anlage der Gas- und Wafferleitungen in Gebäuden, fowie der elektrifchen und pneumatifchen Telephone, einfchliefslich der Telephone und Sprachrohrleitungen. Stuttgart 1881.

MERRIMAN, O. *Gas-burners, old and new.* London 1884.

Die neue Ventilations-, Beleuchtungs- und Beheizungs-Anlage im kgl. Odeon in München. München 1887.

COGLIEVINA, D. Theoretifch-praktifches Handbuch der Gasinftallation. Wien 1889.

LEVY, A. *Éclairage et ventilation par le gaz etc.* Paris 1890.

BLACK, J. *Gas fittings etc.* London 1890.

COGLIEVINA, D. Praktifcher Rathgeber für Gas-Confumenten etc. Halle 1891.

Fach-Bibliothek für Bau-, Kunft- und Mafchinenfchloffer, für Mechaniker, Mafchinenbauer und Schmiede. Bd. 12: Der praktifche Gasinftallateur etc. Von F. H. ASCHNER. Berlin 1891.

GERHARD, W. P. *Gas-lighting and gas-fitting etc.* New-York 1892. — 2. Aufl. 1894.

HARTWIG, G. Das Gasglühlicht etc. 1—3. Aufl. Dresden 1894.

Handbuch der Hygiene. Herausg. von TH. WEYL. Bd. IV, Lief. 1: Die Gasbeleuchtung. Von ROSENBOOM. Jena 1895.

Der ftädtifche Tiefbau. Bd. IV: Die Verforgung der Städte mit Leuchtgas. Von M. NIEMANN. Stuttgart. Heft 1: 1897; Heft 2: 1904.

KUCKUK, F. Der Gasrohrleger und Gaseinrichter etc. München 1904.

Ferner:

Journal für Gasbeleuchtung und verwandte Beleuchtungsarten fowie für Wafferverforgung. Herausg. von H. BUNTE. München. Erfcheint feit 1858.

Journal de l'éclairage au gaz. Herausg. von CHARBONNIER. Paris. Erfcheint feit 1852.

Annuaire général de l'éclairage et du chauffage par le gaz. Herausg. von P. DURAND & E. DURAND, Paris. Erfcheint feit 1873.

The journal of gas-lighting.

American gaslight-journal.

5. Kapitel.

Elektrifche Beleuchtung.

Von Dr. Wilhelm Kohlrausch.

66. Allgemeines.

Die elektrifchen Grundgröfsen haben für jeden, dem nicht durch langen Umgang mit ihnen es zur Gewohnheit geworden ift, mit diefen Gröfsen zu arbeiten und zu rechnen, etwas eigentümlich Fremdartiges. Der Grund dafür ift ohne Zweifel der, dafs wir kein Organ befitzen, um elektrifche Gröfsen in ähnlicher Weife wahrzunehmen, wie wir gelernt haben, räumliche Gröfsen, Gewichte, Geräufche u. f. w. durch Vermittelung der Augen, des Muskelgefühles, der Ohren u. f. w. zu fchätzen und zu beurteilen. Auch für die Vorftellung und Schätzung der Zeitintervalle fehlt uns allerdings ein befonderes Organ; aber die lebenslange, zwangsweife Uebung und die ftete Vergleichung des allmählich fich entwickelnden Zeitgefühles mit dem genaueften der Mefsinftrumente, der Uhr, verhelfen uns hier zu einiger Sicherheit. In ähnlicher Weife ift für die Beurteilung und Vorftellung elektrifcher Gröfsen eine lange Uebung erforderlich, die das anfänglich rein verftandesmäfsige Rechnen allmählich zum gewohnheitsmäfsigen Denken in elektrifchen Gröfsen werden läfst. Im Rahmen diefes »Handbuches« kann daher dem Architekten, der fich mit elektrotechnifchen Fragen nicht fchon anderweitig eingehender befchäftigt hat, nur eine ganz allgemeine Vorftellung über die elektrifche Beleuchtung gegeben werden. In allen Zweifelfällen kann nur die Heranziehung eines elektrotechnifchen Sachverftändigen vor üblen Erfahrungen bewahren.

67. Hilfsvorftellungen.

Die Vorftellung der elektrifchen Gröfsen wird durch folgende Ueberlegungen fehr wefentlich erleichtert. Wir denken uns einen beliebig kleinen oder grofsen Wafferbehälter, der lotrecht verfchiebbar und mit einer Anzahl Rohrableitungen zu einem grofsen See oder dergl. mit wefentlich konftantem Wafferfpiegel verfehen ift. Ein Pumpwerk liegt zwifchen dem See und dem Wafferbehälter, um letzterem ftets das abgefloffene Waffer wieder zuzuführen. Der Druckunterfchied zwifchen den beiden Wafferoberflächen, der Reibungswiderftand, den das abfliefsende Waffer in der Rohrleitung erfährt, und, abhängig von beiden, die etwa in Litern für die Sekunde zu meffende Wafferftromftärke find die drei hier wefentlich in Frage kommenden Gröfsen. Die Wafferftromftärke in irgend einem Rohr wächft mit dem Höhenunterfchiede der Wafferoberflächen, d. h. mit zunehmendem Wafferdruck, und nimmt ab mit zunehmendem Reibungswiderftand, d. h. mit abnehmendem Rohrquerfchnitt, bezw. zunehmender Rohrlänge. Der rechnungsmäfsige Zufammenhang diefer drei Gröfsen ift allerdings für die Wafferftrömung nicht einfach.

Beim Elektrizitätsverbrauch handelt es fich ebenfalls um drei Gröfsen: die elektrifche Spannungsdifferenz am Anfang und am Ende des Stromweges, feinen elektrifchen Leitungswiderftand und von beiden abhängig die Stromftärke, welche qualitativ den drei bei der Wafferftrömung in gleicher Reihenfolge hervorgehobenen Gröfsen völlig entfprechen. Wie oben durch das Pumpwerk Waffer von niedrigerem auf höheres Niveau gehoben wird, fo wird durch die Dynamomafchine der elektrifchen Anlage Elektrizität von niederer auf höhere Spannung gebracht. Der obere Wafferfpiegel entfpricht dem einen, z. B. pofitiven Pol (Klemme) der Dynamomafchine, der untere Wafferfpiegel der anderen, negativen Mafchinenklemme. Die

Waſſerleitungen vom höheren zum tieferen Niveau haben dieſelbe Bedeutung wie die äuſseren Verbrauchsleitungen der elektriſchen Anlage. In beiden Leitungen wird ein Teil der durch das Pumpwerk, bezw. die Dynamomaſchine verbrauchten mechaniſchen Arbeit in anderer Form wieder verfügbar, und für jeden in die Ableitungen eingeſchalteten Waſſermotor oder für jede elektriſche Verbrauchsvorrichtung iſt die verfügbare Arbeit das Produkt des am Motor vorhandenen Waſſerdruckunterſchiedes, bezw. der elektriſchen Spannungsdifferenz in die Waſſerſtromſtärke, bezw. elektriſche Stromſtärke.

68. Elektriſche Einheiten.

Die Einheiten der elektriſchen Gröſsen ſind benannt geworden: für die Spannungsdifferenz — oder, wie man abgekürzt zu ſagen pflegt, für die Spannung — das *Volt*, für den Leitungswiderſtand das *Ohm* und für die Stromſtärke das *Ampere*. Das *Volt* entſpricht demnach qualitativ der Einheit des Waſſerdruckes, z. B. 1 m Waſſerhöhe, das *Ampere* der Einheit für die Waſſerſtromſtärke, z. B. 1 kg Waſſer in der Sekunde. Eine dem elektriſchen Leitungswiderſtande genau entſprechende einfache Gröſse beſteht für die Waſſerrohrleitung nicht. Die Reibungsverhältniſſe der Rohrleitung ſind ſehr verwickelt, während der elektriſche Leitungswiderſtand zu den räumlichen Gröſsen des leitenden Körpers in ſehr einfacher Beziehung ſteht. Iſt l die Länge des leitenden Körpers (in Met.), q ſein Querſchnitt (in Quadr.-Millim.), ſo iſt der Widerſtand der Leitung (in *Ohm*)

$$w = s \frac{l}{q}.$$

Der Koeffizient s, ſpezifiſcher Widerſtand genannt, iſt abhängig vom Material und beträgt beiſpielsweiſe für gutes Leitungskupfer rund 0,018, für Eiſen etwa 0,12. Wie die Formel ohne weiteres ergibt, iſt s der Widerſtand des Materials bei 1 m Länge und 1 qmm Querſchnitt. Eine Kupferleitung von z. B. 250 m Länge und 7 mm Durchmeſſer hat demnach 0,12 *Ohm* Widerſtand.

69. Zuſammenhang der elektriſchen Gröſsen unter ſich und mit den mechaniſchen Gröſsen.

Die Stromſtärke i einer elektriſchen Leitung iſt proportional der an den Enden der Leitung vorhandenen Spannungsdifferenz k und umgekehrt proportional dem Leitungswiderſtande w:

$$i = \frac{k}{w} \text{ (\textit{Ohm}'ſches Geſetz).}$$

Obige Leitung würde alſo bei einer Spannungsdifferenz von 5 *Volt* eine Stromſtärke von 41,6 *Ampere* erhalten.

Der elektriſche Leitungswiderſtand multipliziert mit der Stromſtärke ergibt zufolge des *Ohm*'ſchen Geſetzes den Spannungsverluſt ($i\,w$), welcher in der Leitung entſteht und welcher dem Druckverluſt in der Waſſerleitung genau entſpricht. Die obige Leitung würde z. B. bei 20 *Ampere* Stromſtärke einen Spannungsverluſt von 2,4 *Volt* ergeben.

Wie bei der Waſſerrohrleitung durch Waſſerdruck (in Met.) mal Waſſermenge (in Kilogr. für 1 Sekunde) die geſamte Leiſtung in Kilogramm-Meter für 1 Sekunde ſich ergibt, ſo iſt bei der elektriſchen Leitung durch Spannung (in *Volt*) mal Elektrizitätsmenge (in *Coulomb*[78]) für die Sekunde, d. h. in *Ampere* die Leiſtung in *Volt-Ampere* gegeben. Ein *Volt-Ampere* heiſst ein *Watt*. Den Leiſtungsverluſt in der elektriſchen Leitung ſtellt daher das Produkt aus Spannungsverluſt und Stromſtärke ($i^2 w$) in derſelben Weiſe dar, wie er bei der Waſſerrohrleitung durch

[78]) *Coulomb* iſt die Einheit der Elektrizitätsmenge

das Produkt aus Druckverluſt und Waſſerſtromſtärke gegeben iſt. Der Leiſtungsverluſt bei 20 *Ampere* in unſerer Leitung von 250 m Länge und 7 mm Durchmeſſer beträgt danach 48 *Watt.* Genau wie bei der Waſſerrohrleitung wird die in der elektriſchen Leitung verlorene Leiſtung in Wärme umgeſetzt, d. h. der elektriſche Strom erwärmt ſeine Leitung, und es entſtehen fur jedes verlorene *Watt* 0,24 Grammkalorien in der Sekunde. Mit Hilfe des mechaniſchen Wärmeäquivalents berechnet ſich daraus, daſs der mechaniſchen Leiſtung von 1 $\frac{\text{kg met}}{\text{ſek}}$ die elektriſche Leiſtung von 9,8 *Watt*, daher der mechaniſchen Pferdeſtarke 736 *Watt* elektriſche Leiſtung entſprechen.

70. Widerſtände und Leitungsfähigkeiten mehrerer Leitungen.

Die Leitungen und Verbrauchsvorrichtungen, welche zwei Punkte verſchiedener Spannung verbinden, können hintereinander — in Serien, Reihen — oder nebeneinander — parallel — geſchaltet ſein. Bei Reihenſchaltung addieren ſich die Widerſtände aller hintereinander geſchalteter Leitungen, ſowie die Spannungen der Verbrauchsgegenſtände. Bei Parallelſchaltung addieren ſich dagegen die Ströme ſowie die Reziproken der ſämtlichen parallel geſchalteten Widerſtände. Dieſe reziproken Widerſtände werden auch Leitungsfähigkeiten genannt.

Auch bei parallel geſchalteten Waſſerrohrleitungen addieren ſich die Leitungsfähigkeiten, aber mit dem Unterſchiede, daſs n parallel geſchaltete Kupferdrähte vom Einzelquerſchnitt q dasſelbe Leitungsvermögen haben, wie ein Draht vom Querſchnitt $n\,q$, während bei Waſſerleitungen ein ſo einfacher Zuſammenhang nicht beſteht.

71. Erzeugung der Elektrizität.

Die Erzeugung der Elektrizität für Gebrauchszwecke im groſsen geſchieht mittels Dynamomaſchinen, welche im weſentlichen aus zwei Hauptteilen beſtehen. Den einen Teil bildet das ganze Eiſengeſtell der Maſchine, einſchl. der Eiſenkerne der feſten Elektromagnete — Schenkel — und des Eiſenkernes des drehbaren Ankers — Armatur — ſowie der Kupferbewickelung der Schenkel. Der Strom in der Schenkelbewickelung beſtimmt, ſobald das Eiſengeſtell der Form und Maſſe nach gegeben iſt, den Magnetismus der Maſchine. Maſsgebend für die Leiſtung der Maſchine iſt die Gröſse des Magnetismus — Intenſität des magnetiſchen Feldes, Dichtigkeit der magnetiſchen Kraftlinien — an den Flächen, in welchen die Enden — Pole, Polſchuhe — der Elektromagnete dem Eiſen des Ankers gegenüberſtehen. In dieſem magnetiſchen Felde zwiſchen Ankereiſen und Schenkeleiſen befindet ſich als zweiter Hauptteil der Maſchine die Bewickelung des Ankers. In der Bewickelung des Ankers werden bei ihrer Bewegung gegen das magnetiſche Feld durch Induktion (Schnitt der auf dem Anker liegenden Drähte mit den magnetiſchen Kraftlinien, welche den Luftraum durchſetzen) Spannungen und durch ſie ſodann elektriſche Ströme erzeugt, welche bei Gleichſtrommaſchinen durch beſondere Leitungen zu dem mit dem Anker feſt verbundenen Stromabgeber — Kollektor — geführt und von dort mittels aufſchleifender Kontakte — Bürſten von dem Anker abgenommen werden. Bei den Gleichſtrommaſchinen verwendet man die im Anker erzeugten Ströme ganz oder zum Teil auch zur Speiſung der Schenkelbewickelung mit elektriſchem Strom, d. h. zur Erzeugung des magnetiſchen Feldes derſelben Maſchine.

72. Gleichſtrom, Wechſelſtrom und Drehſtrom.

Eine Maſchine liefert Gleichſtrom — ſtets ſelbſterregende Maſchinen —, wenn die Stromrichtung während des Betriebes ihr Vorzeichen nicht ändert. Wechſelſtrommaſchinen liefern Ströme, deren Richtung rund 100mal in der Sekunde wech-

fest. Trägt man Spannung und Stromstärke der Wechselströme als Ordinaten, die Zeit als Abszisse auf, so erhält man als Kurven mehr oder weniger Sinuskurven. Die Durchführung der Parallelen mit der Wasserrohrleitung stöfst hier wegen der Trägheit der Wassermassen auf praktische Schwierigkeiten, wenn es auch nicht undenkbar wäre, durch Hin- und Herbewegen des Wassers in einem Rohrsystem Arbeit zu leisten. Die Massenträgheit des Wassers spielt im übrigen hier genau dieselbe Rolle wie die wichtige Selbstinduktion bei Wechselstrom und Drehstrom, deren Folge eine Phasenverschiebung (zeitliche Verzögerung) der Stromkurve gegen die Spannungskurve ist. Aus praktischen Gründen werden die Wechselstrommaschinen meistens mit feststehendem Anker und rotierendem Elektromagnetsystem gebaut. Es kommt nur die relative Bewegung dieser beiden Hauptteile der Maschine für die Stromerzeugung in Frage. Auch wird meistens den Elektromagneten der Wechselstrommaschinen durch besondere kleine Gleichstrommaschinen der Strom für die Erregung der Schenkel von aufsen zugeführt.

Drehstrom ist eine Kombination von 3 Wechselströmen, deren Spannungskurven um 1/3 einer ganzen Welle, d. h. um 120 Grad gegeneinander zeitlich versetzt sind. Dementsprechend sind auch die zugehörigen 3 Stromkurven um 120 Grad gegeneinander versetzt. Aufserdem kann eine Phasenverschiebung der einzelnen Stromkurven gegen ihre Spannungskurven vorhanden sein. Drehstrommaschinen sehen äufserlich fast so aus wie Wechselstrommaschinen. Das Magnetfeld dreht sich gegen den aufsen befindlichen, festliegenden Anker. Aber während die Wechselstrommaschine ein Spulensystem besitzt mit so viel hintereinander geschalteten Spulen, wie das Magnetsystem Magnetfelder hat, hat die Drehstrommaschine dreimal so viel Spulensysteme, deren jedes einen Wechselstrom abgibt.

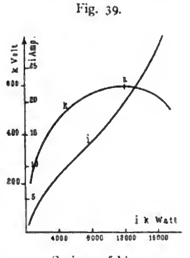
Für Privatanlagen mäfsigen Umfanges mit eigener Stromerzeugungsanlage kommt wesentlich nur Gleichstrom in Frage mit einer Spannung von 110 oder 220 *Volt*. Man kann damit Stromverteilungsanlagen, deren Halbmesser bei 110 *Volt* 200 m, bei 220 *Volt* 800 m nicht wesentlich überschreitet, noch ohne Aufwand von zu grofsen Kosten für Leitungskupfer betreiben. Bei gröfseren Anlagen empfiehlt sich die Verwendung von Drehstrom. Andere Spannungen als 110 und 220 *Volt* sind nicht gebräuchlich und daher in der Anlage mit sehr bedeutenden Mehrkosten verbunden. Der Grund hierfur ist, dafs sich für die Glühlampen die genannten Spannungen eingebürgert haben, und dafs sie für Bogenlichtbetrieb zweckmäfsig sind. Gleichstrom und Wechselstrom bedürfen zwischen der Dynamomaschine und den Verbrauchskörpern des Stromes zweier Leitungen. Das sog. Gleichstrom-Dreileitersystem gestattet dem Zweileitersystem gegenüber bei gleicher Spannung Stromversorgung in gröfseren Verbrauchsgebieten, ohne wesentlich gröfseren Verbrauch an Leitungskupfer für gleiche übertragene Leistungen. Drehstrom wird in 3 Leitungen verteilt. Zwischen je zweien davon herrscht die gleiche Spannung. Werden Beleuchtungsanlagen in Gebäuden, unter Umständen auch kombiniert mit Elektromotorenbetrieb, an öffentliche Zentralen für Verteilung elektrischer Leistung angeschlossen, so kann der Architekt stets die Anordnung so treffen, wie wenn er mit dem gewöhnlichen Gleichstrom mit zwei Leitungen zu tun hätte. Die Verteilung der Verbrauchskörper auf ein etwa vorhandenes Gleichstrom-Dreileitersystem oder auf die drei Leitungen bei Drehstrom überläfst der Architekt am besten dem Unternehmer (Installateur), der die Anlage ausführt. Die Kosten für das aufzuwendende Leitungskupfer in Hausanlagen im Anschlufs an eine Zentrale sind für Lichtanlagen

bei gegebener Spannung weſentlich unabhängig davon, ob Gleichſtrom im Zweileiter- oder Dreileiterſyſtem oder Drehſtrom verwendet wird.

73. Verſchiedene Schaltungen der Gleichſtrommaſchinen und ihre Wirkungsweiſe.

Die augenblickliche Leiſtung aller Maſchinen iſt abhängig von dem Leitungswiderſtande der äuſseren Verbrauchsleitung. Da ki die äuſsere Leiſtung darſtellt und $i = \frac{k}{w}$ iſt, ſo iſt bei gegebener Spannung k die Leiſtung offenbar umſo gröſser, je kleiner der äuſsere Widerſtand w iſt. Bei den Serienmaſchinen — Hauptſtrommaſchinen, Maſchinen mit einfacher direkter Schaltung — ſind der Anker, die Schenkel und die äuſsere Leitung hintereinander geſchaltet. Fig. 39 gibt etwa die Abhängigkeit der Spannungsdifferenz k an den Maſchinenklemmen und der Stromſtärke i von der Leiſtung ik in der äuſseren Leitung bei einer Maſchine für 600 *Volt* und 20 *Ampere*, wenn die Maſchine mit gleichbleibender Geſchwindigkeit umläuft. Die Serienmaſchinen finden da Verwendung — z. B. Bogenlampen in Hintereinanderſchaltung —, wo ſtets mit weſentlich gleichem Strom gearbeitet wird. Der Betrieb erfolgt nahe dem Maximum der Spannung — Punkt a der Spannungskurve.

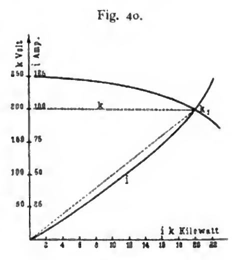
Fig. 39.



Serienmaſchine für 600 *Volt* und 20 *Ampere*.

Die Nebenſchluſsmaſchinen, bei welchen von den mit den Bürſten des Ankerkollektors durch kurze Leitungen verbundenen Klemmen der Strom ſowohl in die Schenkelbewickelung der Maſchine, wie in die äuſsere Leitung flieſst, liefern etwa die ausgezogenen Kurven in Fig. 40.

Fig. 40.



Nebenſchluſsmaſchine für 200 *Volt* und 100 *Ampere*.

Um für alle äuſseren Leiſtungen, welche im Betriebe vorkommen, konſtante Klemmenſpannung der Maſchine zu erhalten, ſchaltet man in die Leitung, welche die Schenkel mit Strom verſieht — Nebenſchluſs — einen regulierbaren Widerſtand ein, den man bei abnehmender äuſserer Leiſtung entſprechend vergröſsert. Man ſchwächt dadurch das magnetiſche Feld ab, und zwar in dem Maſse, daſs die Spannung von dem Werte k_1 an nicht mehr zunimmt. Die punktierten Kurven gelten bei richtiger Anwendung des Regulierwiderſtandes. Jede gröſsere Schwankung in der Leiſtung erfordert eine entſprechende Aenderung im Regulierwiderſtande des Nebenſchluſſes. Die Nebenſchluſsmaſchinen finden weſentlich in ſolchen Betrieben Anwendung, bei denen ſtändige Wartung ſich lohnt. Selbſttätige Spannungsregulierung empfiehlt ſich wegen der auf die Dauer immerhin nicht unbedingt zuverläſſig arbeitenden ſelbſttätigen Apparate für Privatbetriebe im allgemeinen nicht.

Die Gleichſpannungsmaſchinen — *Compound*-Maſchinen, Verbundmaſchinen, Maſchinen mit gemiſchter Wickelung — vermeiden das den Nebenſchluſsmaſchinen eigene Abſinken der Spannung bei zunehmender Stromſtärke und Leiſtung dadurch, daſs ſie, auſser der den Nebenſchluſsmaſchinen eigentümlichen, von der

Spannung der Mafchine abhängigen Erregung der Magnete, die Erregung derfelben durch den Hauptftrom in einer befonderen Magnetbewickelung zu Hilfe nehmen. Bis zu einer gewiffen oberen Grenze der Stromftärke, welche fomit naturgemäfs für die gröfste Leiftung mafsgebend wird, erreicht man durch diefe gemifchte Magnetbewickelung eine genügend konftante, von der Leiftung unabhängige Klemmenfpannung der Mafchinen. Das Kurvenfyftem diefer Mafchinen entfpricht den punktierten Kurven in Fig. 40. Gute Gleichfpannungsmafchinen erfordern demnach keine Regulierung der Spannung bei wechfelnder Betriebsleiftung. Sie werden vorzugsweife verwendet bei minder grofsen Beleuchtungsbetrieben, bei welchen eine dauernde Wartung der Mafchine nicht erforderlich fein foll, vorzugsweife alfo bei kleinen Einzelanlagen im Privatbefitz.

Mafchinen ohne Selbfterregung, deren Magnete durch einen befonderen Erregerftrom gewöhnlich von kleinen Gleichftrommafchinen gefpeift werden, ein Syftem, nach welchem zur Zeit die Wechfelftrom- und die Drehftrommafchinen arbeiten, geben eine von der gelieferten Stromftärke wefentlich unabhängige Spannung. Die Regulierung ihrer Spannung erfolgt im Stromkreife der Erregermafchine mittels Beeinfluffung des Magnetfeldes.

74.
Einflufs der Gefchwindigkeit auf die Spannung der Dynamomafchinen.

Dynamomafchinen, welche für Lichtbetrieb beftimmt find, follen mit möglichft gleichmäfsiger Gefchwindigkeit laufen, da in allen Beleuchtungsbetrieben zufällige Schwankungen der Klemmenfpannung tunlichft vermieden werden müffen, die Spannung felbft aber für gleichbleibende Leiftung bei allen Mafchinen nur von der Umdrehungszahl des Ankers abhängt.

Bei den zuletzt genannten Mafchinen, deren Magnete durch Strom von aufsen erregt werden, ift die Spannung der Drehungszahl des Ankers proportional. Bei allen felbfterregenden Mafchinen aber, alfo denen, welche ihren Schenkelftrom dem eigenen Anker entnehmen, ändert fich ausnahmslos die Klemmenfpannung ftärker als die Drehungszahl. Bei verfchiedenen Mafchinenmodellen wird man im allgemeinen den Einflufs der Gefchwindigkeitsfchwankungen umfo gröfser finden, je mehr Eifen die Mafchine im Verhältnis zu ihrer Leiftung enthält. Praktifch kommen die Schwankungen der Ankergefchwindigkeit für die Klemmenfpannung der Dynamomafchine in ihrem $1\frac{1}{4}$- bis 2fachen Betrage zur Geltung.

75.
Wahl der Antriebsmafchinen.

Da man nun bei Beleuchtungsanlagen Schwankungen der Klemmenfpannung — befonders kurze periodifche Schwankungen — von 1 Vomhundert kaum noch zulaffen darf, fo ift ohne weiteres klar, dafs für den Beleuchtungsbetrieb Antriebsmafchinen von äufserft gleichmäfsigem Gange unbedingt erforderlich find. Es ift daher in keinem Falle ratfam (vergl. jedoch Art. 79), eine zur Beleuchtung dienende Dynamomafchine an eine Dampfmafchine mit anzuhängen, welche aufserdem anderem Betriebe, befonders folchem mit rafch fchwankendem Arbeitsbedarf, dient. Denn jede gröfsere, rafch verlaufende Aenderung im Arbeitsverbrauch, wie das Ausrücken und Einrücken von einzelnen Motoren in Fabriken fie mit fich bringt, verurfacht eine, wenn auch kleine und rafch fich ausgleichende, Aenderung im Gange der Antriebsmafchine, und diefe macht fich im elektrifchen Betriebe ftets durch ein entfprechendes Schwanken der Klemmenfpannung und fomit der Helligkeit der Lichtquellen bemerkbar. Man ftelle daher für den Betrieb elektrifcher Beleuchtung ftets befondere Motoren auf und, falls es fich um Gasmotoren handelt, nur Zwillings-, bezw. Viertaktmotoren befter Konftruktion. Kurze periodifche Schwankungen im Gange des Motors kann man in ihrer Wirkung

faſt unſchädlich machen, wenn man auf die Achſe der Dynamomaſchine eine ſchwere Schwungſcheibe fetzt.

76. Leiſtung der Dynamomaſchine.

Der Wirkungsgrad einer Dynamomaſchine, d. h. die elektriſche Leiſtung in *Watt*, welche an den Klemmen der Maſchine für jede an der Riemenſcheibe verbrauchte, mit 736 *Watt* einzuſetzende Pferdeſtärke abgegeben wird, iſt weſentlich von folgenden Faktoren abhängig. Erſtens wird ein Teil der mechaniſchen Arbeit auf Zapfenreibung, Bürſtenreibung am Kollektor, Luftreibung, auf die Erzeugung von Strömen im Eiſen — *Foucault*'ſchen Strömen — und auf innere magnetiſche Reibung im Eiſen — Hyſtereſisverluſt — verwandt. Dieſe Verluſte ſind ſtets vorhanden, wenn die Dynamomaſchine mit erregten Magnetfeldern läuft, und weſentlich unabhängig von der augenblicklichen Belaſtung.

Zweitens aber erwärmt der Strom die Leitungen der Maſchine nach den in Art. 69 (S. 61) angegebenen Geſetzen, und für jede Leitung vom Widerſtande w innerhalb der Maſchine geht, wenn ſie vom Strome i durchfloſſen wird, der Betrag $i^2 w$ an elektriſcher Leiſtung verloren.

Dieſe Verluſte wachſen, da die inneren Widerſtände w der Maſchine weſentlich konſtant ſind, mit dem Quadrat der Stromſtärke i und, da $k i$ die Leiſtung und k für Lichtbetriebe konſtant iſt, mit dem Quadrat der abgegebenen elektriſchen Leiſtung. Die gröſste Dauerleiſtung einer Maſchine iſt diejenige, bei welcher alle dieſe in Wärme umgeſetzten Verluſte die Temperatur der Maſchine um nicht mehr als 40 bis 50 Grad über die Temperatur der Umgebung erhöhen. Zum völligen Warmlaufen einer Dynamomaſchine ſind je nach ihrer Gröſse 2 bis 10 Stunden voller Belaſtung erforderlich.

Die Verluſte pflegen zuſammen bei den gröſsten Maſchinen etwa bis 9 Vomhundert abwärts, bei den kleinſten gängigen Beleuchtungsmaſchinen bis zu 15 und 20 Vomhundert aufwärts zu betragen, ſo daſs alſo je nach der Gröſse der Maſchinen 80 bis 91 Vomhundert, d. h. 590 bis 670 *Watt* für jede Pferdeſtärke der zugeführten mechaniſchen Leiſtung als elektriſche Leiſtung bei voller Belaſtung wieder verfügbar werden. Bei abnehmender Belaſtung ſinkt der Wirkungsgrad.

77. Betriebsverhältniſſe.

Solange die Elektrizität in dem Augenblick, in welchem die Betriebsmaſchine ſie erzeugt, auch in den Beleuchtungskörpern verbraucht wird, müſſen ſelbſtverſtändlich die Maſchinen auf den gröſsten Bedarf eingerichtet ſein, der bei jeder Anlage in Fabriken oder gröſseren Gebäuden, oder bei einer Zentrale, welche viele Gebäude mit Beleuchtung verſorgt, zu etwa 50 bis 80 Vomhundert der angeſchloſſenen Verbrauchskörper anzunehmen iſt. Erfahrungsgemäſs beträgt die durchſchnittliche Brennzeit einer Lampe jährlich für gröſsere Zentralen etwa 400 bis 600 Stunden und bei Einzelanlagen, je nach der Art des Betriebes, 1000 bis 2000 Stunden. Die gröſste durchſchnittliche Brennzeit haben Reſtaurants und Kaffeehäuſer. Die Betriebsanlage iſt alſo im Durchſchnitt nur zu etwa 10 bis 30 Vomhundert ausgenutzt und verzinſt ſich auch dementſprechend. Dieſe ungünſtigen Betriebsverhältniſſe ſind der Hauptgrund für den zur Zeit immer noch ziemlich hohen Erzeugungspreis des elektriſchen Lichtes.

Eine Gasanſtalt iſt demgegenüber ſehr im Vorteil, da ſie mit Tag und Nacht gleichmäſsiger Gasproduktion auf Reſerve in die Gaſometer arbeitet, von den täglichen Schwankungen des Verbrauches ganz unabhängig iſt und ihren Betriebsmitteln nur einen ſolchen Umfang zu geben braucht, daſs ſie bei gleichmäſsigem Betriebe den Durchſchnittsverbrauch der kürzeſten Tage decken kann.

Die Elektrizität kann als folche allerdings nicht in Referve aufgefpeichert werden; wohl aber kann fie, allerdings nur bei Anwendung von Gleichftrom, zeitweilig in eine andere Form der Energie, in chemifche Energie, umgewandelt und aus diefer Form, allerdings mit Verluft, ohne weiteres wieder erhalten werden.

78. Akkumulatoren.

Wenn man in Schwefelfäure von etwa 20 Gewichtsprozenten zwei Bleiplatten einfenkt, deren Oberfläche mit Mennige, Bleioxyd oder Bleifulfat in genügend ftarker Schicht bedeckt ift, und einen elektrifchen Strom durch die eine Platte (pofitive) in die Säure eintreten, durch die andere (negative) Platte austreten läfst, fo bildet fich infolge der Zerfetzung der Säure an erfterer Bleifuperoxyd; an letzterer wird die vorhandene Bleiverbindung zu Blei reduziert. Gleichzeitig entfteht zwifchen beiden Platten eine Spannungsdifferenz von etwa 2 *Volt*, welche beim weiteren Hindurchfliefsen des Stromes zunimmt, bis allmählich, beginnend bei etwa 2,5 *Volt*, eine lebhafte Gasentwickelung eingetreten ift, ein Zeichen, dafs eine weitere Oxydation, bezw. Reduktion an den Platten nicht mehr ftattfindet.

Die Säurezelle mit den Bleiplatten, der Akkumulator oder Sammler, ift nun geladen und im ftande, die durch den Strom erzeugten chemifchen Umfetzungsprodukte an den Platten ohne weiteres wieder in Bleifulfat übergehen zu laffen und dafur elektrifchen Strom zu liefern, wenn die beiden Bleiplatten durch eine Verbrauchsleitung miteinander verbunden werden. Bei diefer Entladung nimmt die Spannungsdifferenz der beiden Bleiplatten, welche mit etwa 1,95 *Volt* einfetzt, fehr langfam auf etwa 1,83 *Volt* ab, wonach die Entladung als beendet anzufehen ift. Es kann nun eine neue Ladung und Entladung der Sammler erfolgen, die ftets in derfelben Weife verläuft.

Die für den Betrieb gebauten Sammler befitzen eine ganze Anzahl von Bleiplatten, welche an der Oberfläche oder auch in gitterartigen Höhlungen Bleiverbindungen enthalten und, abwechfelnd mit der pofitiven und der negativen Zuleitung verbunden, einander in der Säure gegenüberftehen.

Man baut zur Zeit Sammler, denen 4000 und mehr *Ampere* Strom entnommen werden kann und welche diefe Stromftärke je nach der Konftruktion der Sammler 3 und mehr Stunden liefern. Man fpricht bei z. B. 3 Stunden Entladungszeit von einer Kapazität folcher Sammler von $4000 \times 3 = 12000$ *Ampere*-Stunden. Die Elektrizitätsmenge »1 *Ampere*-Stunde« wird von der Stromftärke 1 *Ampere* in 1 Stunde geliefert. Da man zum Schlufs der Entladung fur jeden Sammler 1,83 *Volt* Spannung zu rechnen hat, fo würden 60 folcher Sammler hintereinander gefchaltet bei 110 *Volt* 8000 Glühlampen zu je 16 *Hefner*-Kerzen 3 Stunden lang oder, da die Kapazität mit abnehmendem Entladeftrom wächft, mehr als 4000 folcher Lampen 6 Stunden lang im Brennen erhalten können.

Eine Sammlerbatterie bietet alfo eine ähnliche, allerdings in der Handhabung bei weitem nicht fo einfache Referve für die elektrifche Beleuchtung, wie fie der Gafometer für die Gasbeleuchtung darftellt.

79. Verwendung der Akkumulatoren im Beleuchtungsbetriebe.

Die Vorteile bei Verwendung von Sammlerbatterien im Beleuchtungsbetriebe liegen befonders in folgenden drei Punkten. Erftens wird die Beleuchtung in gewiffer Weife unabhängig vom Mafchinenbetriebe. Es ift nur erforderlich, dafs zu irgend einer Zeit jeden Tag und mit einer Stromftärke, welche den normalen Ladeftrom der Sammler nicht uberfteigt, diejenige Zahl von *Watt*-Stunden, welche bei der letzten Entladung verbraucht worden ift, mit etwa 25 bis 30 Vomhundert Auffchlag von den Mafchinen den Sammlern zugefuhrt wird. (Eine »*Watt*-Stunde« ift die-

jenige Arbeit, welche von der Leistung 1 *Watt* in 1 Stunde verrichtet wird.) Dies darf während 4 bis 5 oder mehr Stunden geschehen.

Zweitens braucht vom Gang der Dynamomaschine bei weitem nicht jene Gleichmäfsigkeit gefordert zu werden, wenn Sammler vorhanden sind, als wenn sie unmittelbar die Lampen speist. Bei der Ladung der Sammler sind Schwankungen der Maschinenspannung von einigen Vomhundert ohne weiteres zulässig. Es wird also häufig möglich sein, einen Beleuchtungsbetrieb mit Sammlerbatterien von einer vorhandenen Dampfmaschinenanlage aus zu versehen, auch wenn die übrige Belastung der Anlage bedeutend schwankt und mit ihr die Drehungszahl der Dampfmaschine.

Drittens braucht die Maschinenanlage neben einer Sammlerbatterie nur so grofs bemessen zu sein, dafs sie bei vollem Tagesbetriebe und voller Leistung so viel *Watt*-Stunden mit 25 bis 30 Vomhundert Aufschlag erzeugen kann, wie die Beleuchtungsanlage am kürzesten Tage verbraucht, während die Maschinenanlage ohne Sammlerbatterie den überhaupt gröfsten Verbrauch mufs decken können, wenn er auch nur während weniger Stunden im ganzen Jahre vorkommt.

Zur Erläuterung des vorstehend Gesagten möge zunächst folgendes Beispiel dienen.

Eine mittelgrofse Bierbrauerei mit erheblichem Wirtschaftsausschank möge folgenden Lichtverbrauch haben:

1) für die Keller 96 Glühlampen zu 10 HK mit täglich im Mittel 16 Stunden Brennzeit;

2) in der Brauerei und den Geschäftszimmern 117 Glühlampen zu 16 HK, von 6 Uhr morgens bis Hellwerden und vom Dunkelwerden bis 8 Uhr abends;

3) in den Höfen 6 Bogenlampen zu je 5,5 *Ampere*, Brenndauer wie unter 2;

4) für die Wirtschaft 80 Glühlampen zu 16 HK vom Dunkelwerden bis 12 Uhr nachts;

5) für Strafsenbeleuchtung 2 Bogenlichter zu je 10 *Ampere*, Brenndauer wie unter 4.

Da für die *Hefner*-Kerze z. B. bei Kohlenfadenlampen 3 *Watt* zu rechnen sind, so ergibt sich für 110 *Volt* Spannung folgende Zahlenreihe:

	I *Watt*	II Brennstunden im Jahre	III *Kilowatt*-Stunden im Jahre	IV Brennstunden am kürzesten Tage	V *Watt*-Stunden am kürzesten Tage	VI Brennstunden am längsten Tage	VII *Watt*-Stunden am längsten Tage
1	2880	5760	16600	16	46000	16	46000
2	5610	1000	5610	7,7	43200	—	—
3	1800	1000	1800	7,7	13800	—	—
4	3825	2200	8430	8,5	32600	3,7	14200
5	1100	2200	2420	8,5	9400	3,7	4100
Summe	15215		34860		145000		64300

Die durchschnittliche jährliche Brenndauer der Anlage erhält man bei Division der Summe III × 1000 durch die Summe I zu 2290 Brennstunden. Division der Summe I, vermehrt um etwa 2 Vomhundert Verluſt in den Leitungen, durch etwa 650 ergibt die für den gröfsten Verbrauch in den Abendstunden des Dezember erforderliche Zahl der Pferdestärken zu 23, wenn keine Akkumulatoren vorhanden sind. Alsdann ist eine Dynamomaschine zu gut 15000 *Watt* und eine besondere Dampfmaschine mit höchster Gleichmäfsigkeit des Ganges zu 23 Pferdestärken erforderlich.

Bei Anlage einer Akkumulatorenbatterie ist eine besondere Dampfmaschine oft entbehrlich. Die Dynamomaschine kann an die vorhandene Maschinenanlage mit angehängt werden, insofern die erforderliche Leistung übrig ist. Die Dynamomaschine läuft dann während der ganzen Be-

triebszeit mit. Beträgt letztere z. B. 14 Tagesſtunden, ſo erhält man die mittlere Leiſtung der Dynamomaſchine für den kürzeſten Tag bei Diviſion der um den Akkumulatorenverluſt von etwa 14000 *Watt*-Stunden vermehrten Summe V durch 14 als 11400 *Watt* oder rund 18 Pferdeſtärken. Kann die Betriebszeit der Dynamomaſchine an den kürzeſten Tagen auf 20 Stunden erhöht werden, ſo ergeben ſich rund 12,5 Pferdeſtärken als gröſste erforderliche Leiſtung.

Arbeitet die Anlage mit 110 *Volt* Verbrauchsſpannung, ſo ſind 60 Sammler erforderlich. Ihre Gröſse ergibt ſich aus der Leiſtung am kürzeſten Tage mittels einer Ueberlegung, die aus folgender Zahlenreihe hervorgeht:

Tageszeit, morgens mit 6 Uhr beginnend	Es brennen die Lampen	Die Dynamo-maſchine liefert *Ampere*	Der Beleuchtungs-verbrauch beträgt in		Die Sammler erhalten Ladung in		Die Sammler geben ab	
			Ampere	*Ampere*-Stunden	*Ampere*	*Ampere*-Stunden	*Ampere*	*Ampere*-Stunden
6 → 9	1 + 2 + 3	100	94	281	6	18	—	—
9 → 3,3	1	100	26	164	74	465	—	—
3,3 → 8	1 + 2 + 3 + 4 + 5	100	138	650	—	—	38	179
8 → 10	1 + 4 + 5	—	70	140	—	—	70	140
10 → 12	4 + 5	—	44	88	—	—	44	88
Summen				1323		483		407

Es iſt angenommen worden, daſs die Dynamomaſchine von 6 Uhr morgens bis 8 Uhr abends mit im Mittel 100 *Ampere* auf die Sammlerbatterie und die Verbrauchsleitung parallel arbeitet, und daſs der Batterie als Ladung zuflieſst, was in der Lichtanlage nicht verbraucht wird. Eine Verteilung der Brennſtunden der Glühlampen 1 auf die 24 Tagesſtunden ſtatt auf 16 Stunden ändert an den geſuchten Zahlen nichts.

Danach wird eine Sammlerbatterie von 500 *Ampere*-Stunden völlig genügen. Alsdann bleiben ſogar noch 100 *Ampere*-Stunden in Reſerve. Der Ueberſchuſs der geladenen *Ampere*-Stunden gegen die entladenen von 18 Vomhundert (483 gegen 407) iſt mehr als ausreichend. 10 Vomhundert genügen im allgemeinen.

Im vorliegenden Falle hat die Sammlerbatterie weſentlich zur Folge, daſs von 8 Uhr abends bis 6 Uhr früh keine Maſchine mehr zu laufen braucht. Ein weſentlicher Vorteil bezüglich der Gröſse der Betriebsanlage wird ebenfalls erreicht; auſserdem erfordert die Dynamomaſchine kaum die Aufſtellung einer beſonderen, äuſserſt gleichmäſsig gehenden Dampfmaſchine.

Weit gröſsere Vorteile erzielt man durch Aufſtellung von Sammlerbatterien bei kleiner jährlicher Brenndauer und ungleicher Zahl der brennenden Lampen, beſonders, wenn Gasmotoren als Betriebskraft verwendet werden müſſen, welche bekanntlich nur bei voller Belaſtung günſtig arbeiten.

Ein Ladengeſchäft habe 150 Glühlampen zu 16 Kerzen vom Dunkelwerden bis 9 Uhr abends im Betriebe. Bei direktem Betriebe braucht es einen Zwillingsgasmotor von 15 Pferdeſtärken und eine Dynamomaſchine gleicher Leiſtung. Am kürzeſten Tage beträgt die Brenndauer 5,7 Stunden, der Verbrauch 43000 *Watt*-Stunden. Da an den kürzeſten Tagen der Motor ſehr wohl von morgens 6 bis abends 9 Uhr, alſo 15 Stunden laufen kann, ſo würde bei Anlage einer Sammlerbatterie eine Dynamomaſchine von nur $\frac{43000}{15 \times 0,8} = 3600$ *Watt* und dementſprechend ein Gasmotor von 6 Pferdeſtärken und einem Zylinder erforderlich ſein.

80. Auswahl und Aufſtellung der Sammlerbatterie.

Die Schaltung der Sammlerbatterie gegen die Dynamomaſchine und die Verbrauchsleitung, die erforderlichen Schalt- und Kontrollevorrichtungen u. ſ. w. hier zu beſprechen, fehlt der Raum. Da für die Sammlerbatterien im Beleuchtungsbetriebe

das Gewicht der Sammler ganz gleichgültig ist, so wähle man Sammler, welche schwach beansprucht sind, d. h. welche im Verhältnis zur Leistung schwer sind. Das gröfsere Bleigewicht erhöht den Preis bei gleicher Leistung erfahrungsgemäfs wenig, da die Hauptkosten der Sammler in der Herstellungsart und nicht im verwendeten Rohmaterial zu suchen sind. Dagegen ist die Aussicht auf Haltbarkeit der Batterie umso gröfser, je schwächer die Sammler auf die Gewichtseinheit beansprucht sind. Bestimmte Angaben über die Haltbarkeit der Sammler lassen sich schwer machen. Die liefernden Firmen pflegen gegen eine jährliche Zahlung von 4 bis 6 Vomhundert des Anschaffungswertes die Erhaltung der Batterie für 10 Jahre zu übernehmen. Eine solche Versicherung ist sehr zu empfehlen.

Da die Sammler zu Ende der Ladung Gas (Wasserstoff und Sauerstoff) entwickeln, welches feinzerteilte Schwefelsäure mitreifst, so müssen die Batterien unbedingt in einem besonderen Raume untergebracht sein, welcher zu anderen Zwecken nicht benutzt wird. Dieser braucht nur so grofs zu sein, dafs die Sammler in Reihen über- und nebeneinander aufgestellt werden können und zugänglich bleiben. Je leichter sie einzeln besonders dem Auge zugänglich sind, umso besser ist es. Der Raum mufs gut zu lüften sein. Am besten ist eine dauernde Lüftung durch einen Schlot. Der Fufsboden mufs so beschaffen sein, dafs ihm Schwefelsäure von 20 Vomhundert nicht schadet.

81.
Umwandelung von Spannungen und Stromarten.

Man kann Gleichstrom, Wechselstrom und Drehstrom nach Bedarf immer dadurch ineinander umwandeln, dafs man den umzuwandelnden Strom in einen Elektromotor der betreffenden Stromart schickt, seine elektrische dort in mechanische Leistung umsetzt, mit dem Motor eine Dynamomaschine (Generator) der zu erzeugenden Stromart direkt oder mittels Riemens kuppelt und die ihr vom Motor zugeführte mechanische wieder in elektrische Leistung verwandelt. Ein solches kombiniertes Maschinensystem heifst »Motorgenerator«. Seine Verluste sind gleich der Summe der Verluste beider Maschinen, betragen also nach Art. 76 (S. 66) bei voller Belastung für grofse Leistungen zusammen etwa 18 Vomhundert, bei sehr kleinen Leistungen bis zu 40 Vomhundert. Die Betriebsspannung des Generators ist von derjenigen des Motors ganz unabhängig. Auch für die Umwandelung von Gleichstrom einer Spannung in Gleichstrom einer anderen Spannung ist ein solcher Motorgenerator erforderlich.

Die Umwandelung von Drehstrom oder Wechselstrom in Gleichstrom und umgekehrt kann auch in einer und derselben Maschine (sog. »Einankerumformer«) erfolgen. Seine Verluste sind nur wenig gröfser als diejenigen einer Maschine; aber die zugeführte und die erzeugte Spannung stehen zueinander in einem festen Verhältnis. Das Anwendungsgebiet der Einankerumformer ist daher beschränkt. Motorgeneratoren und Einankerumformer sind umlaufende Maschinen mit Lagern und Kollektoren, bedürfen daher einer ständigen Aufsicht und Bedienung; sie sind teuer in der Anschaffung.

Wechselstrom und Drehstrom können in sehr weiten Grenzen von einer in eine andere Spannung durch »Transformatoren« übergeführt werden. Transformatoren sind relativ billige, wenig Raum beanspruchende Vorrichtungen ohne jegliche bewegliche Teile und bedürfen aufser gelegentlichen Revisionen keiner ständigen Wartung oder Bedienung. Ihr Verlust beträgt bei voller Belastung für grofse Transformatoren nur etwa 3 bis 4, für kleine bis zu 7 Vomhundert. Sie finden u. a. auch Verwendung, um aus Hochspannungsnetzen einzelne Bogenlampen zu speisen.

82. Anfchlufs an eine Zentrale oder eigene Betriebsanlage?

Für die Beantwortung der Frage, ob für eine elektrifche Anlage der Anfchlufs an ein vorhandenes Leitungsnetz einer öffentlichen Zentrale oder die Einrichtung eines eigenen Betriebes mehr zu empfehlen ift, find folgende Erwägungen mafsgebend. Die indirekten Betriebskoften: Verzinfung, Tilgung und Abfchreibung des Anlagekapitals u. f. w., find gegenüber den direkten Betriebskoften: Verbrauch von Kohlen, Waffer und Schmier- und Putzmaterial nebft Bedienung, bei allen elektrifchen Betrieben fehr bedeutend. Aber nur die direkten Betriebskoften find dem Verbrauch der Anlage nahe proportional, die indirekten Betriebskoften dagegen vom Verbrauch, d. h. von der jährlichen durchfchnittlichen Benutzungsdauer der Anlage unabhängig und wefentlich konftant. Sie erhöhen alfo die gefamten Betriebskoften umfomehr, je geringer die durchfchnittliche jährliche Benutzungsdauer der Anlage ift. Rentabilität einer eigenen Betriebsanlage ift alfo von vornherein nur bei durchfchnittlich ftarkem und dauerndem Verbrauch an elektrifcher Leiftung zu erwarten. Man kann fagen, dafs reine Beleuchtungsanlagen ohne erheblichen Motorenbetrieb faft nur für Reftaurants mit bedeutendem Nachtbefuch bei eigener Betriebsanlage vorteilhafter arbeiten können als beim Anfchlufs an ein Elektrizitätswerk, welches für Licht die *Kilowatt*-Stunde zum üblichen Preife von rund 50 Pfennigen abgibt. Gröfsere Fabrikanlagen mit ftarkem Dauerbetriebe von Motoren neben der Beleuchtung arbeiten häufig mit eigener Betriebsanlage billiger als beim Anfchlufs an eine Zentrale, fobald der Preis der *Kilowatt*-Stunde von der Zentrale für Motorenbetrieb 20 Pfennige und mehr beträgt. Für eine eigene Betriebsanlage kommen Gasmotoren im Anfchlufs an ein vorhandenes Gaswerk, Sauggasmotoren mit eigener Gaserzeugungsanlage und Dampfmafchinenanlagen in Frage, letztere nur bei gröfseren Dauerbetrieben. In Zweifelfällen ift unter Angabe der Benutzungsdauer der verfchiedenen Teile der Anlage das Elektrizitätswerk, bezw. eine Anzahl guter Firmen zur Abgabe eines Koftenanfchlages für die Betriebskoften, bezw. für die Anlagekoften und die Betriebskoften aufzufordern.

83. Bogenlicht.

Wenn man zwei Kohlenftäbe mit einer Elektrizitätsquelle von etwa 50 *Volt* Spannung verbindet, ihre Enden einen Augenblick miteinander in Berührung bringt und dann auf einige Millimeter voneinander entfernt, fo durchfliefst der beim Berühren der Stäbe eingeleitete elektrifche Strom auch die kleine Luftftrecke zwifchen beiden Stäben und bringt beide Kohlenfpitzen zum Glühen. Gleichzeitig beträgt die Spannungsdifferenz an den Kohlenfpitzen etwa 30 bis 90 *Volt*, je nach der Stromftärke, der Stromart und der Art der Bogenlampen. Das fo entftandene Bogenlicht befitzt eine fonft unerreichbare Helligkeit. Die Temperatur der glühenden Kohlenfpitzen beträgt zwifchen 2000 und 4000 Grad C.

Man hat bezüglich der Lichtverteilung und der Oekonomie — der Lichtmenge für jedes verbrauchte *Watt* — zu unterfcheiden zwifchen Gleichftromlampen und Wechfelftromlampen. In Drehftrom-Verteilungsfyftemen brennen Wechfelftromlampen. Ferner befteht ein wefentlicher Unterfchied in den genannten Beziehungen zwifchen Bogenlampen mit reinen Kohlen und mit imprägnierten Kohlen und endlich zwifchen Bogenlampen mit offenen und mit von der Luft bis zu einem gewiffen Grade abgefchloffenen Lichtbogen.

Bei Bogenlampen mit reinen Kohlen geht die Lichtmenge bis zu 95 Vomhundert von den glühenden Kohlenfpitzen und nur zu etwa 5 Vomhundert von dem in der Luft gebildeten Lichtbogen aus. Die pofitive und die negative Kohle ftehen im allgemeinen fenkrecht übereinander.

84. Gleichstrom-Bogenlampen.

Bei Gleichstromlampen wird die positive Kohle bedeutend heifser als die negative, fo zwar, dafs die positive bis zu 85 Vomhundert der gefamten Lichtmenge ausstrahlt, während die negative Kohle nur 10 Vomhundert ergibt. Die positive Kohle brennt mit einer fchwachen Höhlung an der Spitze; die negative fpitzt fich beim Brennen zu. Die gröfste Lichtmenge wird in einem Winkel von 30 bis 50 Grad gegen die Richtung der negativen Kohle ausgeftrahlt. Beide Kohlen brennen ab; aber die positive verbraucht dabei ungefähr doppelt fo viel Kohlenmaterial der Stäbe wie die negative Kohle. Man wählt daher den Querfchnitt der negativen etwa halb fo grofs wie denjenigen der positiven Kohle. Dann brennen von beiden Kohlen etwa gleiche Längen ab, und der von der negativen Kohle befchattete Bereich wird nicht gröfser als unumgänglich notwendig. Offenbar kann diefer Schatten auch dadurch eingefchränkt werden, dafs man den Lichtbogen, d. h. den Abftand beider Kohlen, möglichft grofs macht. Ueber einige Millimeter hinaus kommt man indeffen nicht, da fonft die Lampe unruhig brennt.

85. Wechfelftrom-Bogenlampen.

Bei Wechfelftromlampen ift die Lichtmenge über und unter der durch den Lichtbogen gelegten wagrechten Ebene nahezu gleich; beide Kohlen haben im allgemeinen gleiche Querfchnitte, brennen gleich ftark ab, fpitzen fich beide zu, und die ausgeftrahlte Lichtmenge hat unter 30 bis 50 Grad nach unten und nach oben einen Gröfstwert. Mehr als einige Millimeter Lichtbogenlänge laffen fich auch hier nur erzielen, wenn auf ruhiges Brennen verzichtet werden kann. Um wenigftens einen Bruchteil des nach oben ausgeftrahlten Lichtes nach unten nutzbar zu machen, wird dicht über dem Lichtbogen ein kleiner reflektierender Schirm angebracht.

Wechfelftromlampen ergeben ein leichtes, brummendes Geräufch.

Da bei jedem Wechfel der Stromrichtung die Stromftärke durch Null geht, fo flimmert die Lichtftärke der Lampen. Bei der üblichen Zahl von 100 Stromwechfeln (50 Perioden) in der Sekunde bemerkt man das Flimmern nur in unmittelbarer Nähe der Lampen. Bei zeichnerifchen Arbeiten können empfindliche Augen es aber fchon bei 50 Perioden unangenehm empfinden, fo dafs fie ermüden. Bei 40 Perioden wird das Flimmern auf die Dauer meiftens recht unbequem, bei 25 Perioden ftets rafch unerträglich.

Bogenlampen mit reinen Kohlen liefern ein Licht, welches in der Farbe dem Tageslicht wohl von allen künftlichen Lichtforten am nächften kommt, aber immerhin noch etwas mehr Rot enthält als das Tageslicht.

86. Flammen-Bogenlampen.

Bei Bogenlampen mit imprägnierten Kohlen, fog. Flammen-Bogenlampen, Bremerlampen, find die Kohlenftifte mit Salzen alkalifcher Erden imprägniert (Effektkohlen). Die Salze werden dem Lichtbogen in Dampfform zugeführt und erteilen dem Lichte die Farbe, welche dem Spektrum des betreffenden Metalls zukommt. Da in diefem Falle auch der Lichtbogen felbft eine grofse Lichtmenge ausftrahlt, fo ift die Ausbeute bedeutend gröfser als bei Lampen mit reinen Kohlen. Der Flammenbogen ift etwa 14 bis 17 mm lang. Die Lampen brennen im allgemeinen unruhiger als diejenigen mit reinen Kohlen. Die Flammen-Bogenlampen werden für Gleichftrom und für Wechfelftrom und mit fenkrecht übereinanderftehenden Kohlenftiften — bei Gleichftrom kann die positive Kohle oben oder unten ftehen — oder mit einer Anordnung gebaut, bei der die beiden Kohlenftifte unter einem Winkel von etwa 15 bis 25 Grad gegeneinander geneigt find und den Flammenbogen an ihren unteren Spitzen bilden. Bei diefer, auch wohl durch die Bezeichnung »Intenfivflammen-Bogenlampen« gekennzeichneten Anordnung ift die Licht-

ausbeute befonders günftig und die Lichtverteilung unter der Wagrechten ziemlich gleichmäfsig, da die Schattenbildung durch eine untere Kohle fortfällt. Die Farbe des Lichtes richtet fich nach dem verwendeten Imprägnierfalz. Es find vorzugsweife Effektkohlen für gelbliches, rötliches und bläuliches Licht im Handel. Die befte Lichtausbeute fcheint bisher das gelbliche Licht zu ergeben.

Da die Verbrennungsgafe der Flammen-Bogenlampen chemifch nicht indifferent find, fo müffen fie durch die Konftruktion der Lampe dem Reguliermechanismus ferngehalten und möglichft unmittelbar nach aufsen geführt werden. In Innenräumen können fie unter Umftänden an Metallgegenftänden auf die Dauer empfindlichen Schaden anrichten.

87. Dauerbrandlampen.

Lampen mit gegen die Aufsenluft mehr oder weniger abgefchloffenen Lichtbogen, fog. Dauerbrandlampen, erzielen im Gegenfatz zu Lampen mit offenem Lichtbogen den Vorteil eines bedeutend langfameren Abbrandes der Kohlenftifte, da der Sauerftoff der Luft nur fehr langfam zutreten kann. Beide Kohlenftifte ftehen fenkrecht übereinander und brennen bei Gleichftrom und bei Wechfelftrom wefentlich fenkrecht zur Achfe der Kohlenftifte flach ab. Der Kohlenabftand ift von der Gröfsenordnung 10 mm. Der Lichtbogen wandert auf den Brennflächen hin und her, und das Licht ift daher fehr unruhig. Da die Dauerbrandlampen mehr blaue Strahlen als alle anderen Bogenlampen ergeben, fo können fie für alle photographifchen Kopierverfahren das Tageslicht mit gutem Erfolge erfetzen.

88. Abbrand der Kohlenftifte.

Bei allen Bogenlampen brennen die Kohlenftifte ab. Bei offenem Lichtbogen und den für die verfchiedenen Stromftärken üblichen Querfchnitten der Kohlenftifte kann man mit einem Abbrand von etwa 15 mm für die Stunde und jede Kohle rechnen. In den Dauerbrandlampen ift der Kohlenabbrand annäherungsweife halb fo grofs. Lampen mit offenem Lichtbogen find für 8 bis 20 Stunden Brenndauer eines Kohleneinfatzes im Handel, Dauerbrandlampen für bis zu 40 Stunden. Da die Kohlenftifte innerhalb der Lampe untergebracht werden müffen, fo ift offenbar die Konftruktionshöhe der Lampe umfo gröfser, je gröfser die Brenndauer fein foll. Dies mufs für Verwendung von Bogenlampen in Innenräumen beachtet werden; denn je gröfser die Konftruktionshöhe der Lampen ift, umfo tiefer liegt bei gleicher Raumhöhe der Lichtpunkt.

89. Reguliermechanismus für Bogenlampen.

Der Reguliermechanismus der Bogenlampen hat den Zweck, den Kohlenabftand fo konftant wie möglich zu halten und die Kohlenftifte entfprechend dem Abbrand nachzufchieben. Er befteht ftets aus einer elektromagnetifchen Anordnung, welche infolge des Abbrandes der Kohlen und der dadurch veränderten Länge des Lichtbogens durch die Schwankungen entweder der Stromftärke (Serienlampen) oder der Spannung (Nebenfchlufslampen) oder gleichzeitig der Spannung und der Stromftärke (Differentiallampen) betätigt wird und den Abftand der Kohlenftifte mehr oder weniger konftant hält. An und für fich befitzt keines der drei Syfteme einen Vorzug vor den anderen. Alle drei können je nach ihrer mechanifchen Ausführung empfindlich und roh regulieren.

Von Bogenlampen mit reinen Kohlen für Innenräume, die mit möglichft geringen Lichtfchwankungen brennen follen, aber ftörenden Einflüffen durch Witterung und Verfchmutzung nicht unterliegen, mufs häufige, empfindliche Regulierung etwa bis zu 6mal in der Minute gefordert werden. Bogenlampen im Freien oder in ftark verfchmutzender Umgebung (Bahnhofhallen, Giefsereien u. f. w.), von denen eine befonders konftante Helligkeit nicht gefordert wird, Flammen-Bogenlampen und Dauer-

brandlampen, die ohnehin fchwankende Lichtftärke ergeben, bedürfen einer fo häufigen und feinen Regulierung nicht; aber ihre Werke müffen gegen äufsere ftörende Einflüffe unempfindlich fein. Allgemeine Regeln, nach denen die Brauchbarkeit eines Syftems für beftimmte Zwecke beurteilt werden könnte, laffen fich nicht geben. Erforderlichenfalls müffen Verfuche entfcheiden. Meiftens wird eine gute liefernde Firma felbft am beften fagen können, welche Lampenkonftruktion fich für eine beftimmte Verwendung am beften eignet.

90.
Glasglocken der Bogenlampen.

Die Bogenlichter müffen des Windes und Regens wegen mit einer Glashülle umgeben fein. Wo es fich um Beleuchtung von Höfen und Hallen handelt und wenn die Bogenlichter fehr hoch angebracht werden, kann diefe Hülle aus klarem Glas beftehen. Man kann fie alsdann auch aus gegoffenen Glasprismen fo zufammenfetzen, dafs die Ungleichmäfsigkeit der Lichtverteilung bei offenem Bogenlicht durch die Brechung der Strahlen in den Prismen zweckmäfsig ausgeglichen wird. Dergleichen Glashüllen abforbieren reichlich 10 Vomhundert von der gefamten Lichtmenge; aber die fo gedeckten Bogenlichter blenden noch lebhaft.

Bei jeder Verwendung des Bogenlichtes in Innenräumen und überall da, wo die Lampen nicht fehr hoch angebracht werden können, werden durchfcheinende Glasglocken als Umhüllung verwendet. Diefe vermeiden das Blenden des Bogenlichtes. Sie bewirken ferner dadurch, dafs fie von ihrer beleuchteten Oberfläche das Licht mehr oder weniger diffus ausfenden, eine gleichmäfsigere Verteilung des Lichtes, abforbieren aber auch umfomehr Licht, je beffer fie die vorftehenden Aufgaben erfüllen. Glocken aus Opalglas und aus Alabafterglas kommen vorzugsweife zur Verwendung. Sie abforbieren von der gefamten ausgeftrahlten Lichtmenge immerhin 20 bis 40 Vomhundert. Glocken aus Klarglas abforbieren bis zu 10 Vomhundert.

91.
Lichtftärke der Bogenlampen.

Da die Lichtausftrahlung aller Bogenlampen nach verfchiedenen Richtungen ftark verfchieden, praktifch aber meiftens nur von Bedeutung ift, welche gefamte Lichtmengen nach unten oder bei Deckenreflex-Beleuchtung nach oben ausgeftrahlt wird; da ferner bei Verwendung von durchfcheinenden Glasglocken die Lichtverteilung gegenüber dem nackten Lichtbogen bedeutend gleichmäfsiger wird — fo bezeichnet man die gefamte Lichtausftrahlung einer Bogenlampe nach derjenigen Helligkeit (mittlere hemifphärifche Lichtftärke), welche im Mittel unter (oder über, Deckenreflexbeleuchtung) der durch den Lichtpunkt gelegten wagrechten Ebene abgegeben wird. Als Einheit der Lichtftärke dient die *Hefner*-Kerze (HK). Die umftehende Tabelle I gibt für 10 der gebräuchlichften Stromftärken und 7 der gebräuchlichften Lampenarten für Gleichftrom und für Wechfelftrom in den beiden erften Zeilen für jede Lampenart die (mittlere hemifphärifche) Lichtftärke und die Spannung. Bezüglich der letzteren fei bemerkt, dafs fie bei gleichen Stromftärken mit der Stärke der Kohlenftifte, mit dem Abftande der letzteren, auf welchen die Lampe einreguliert ift, und unter Umftänden mit dem Verbrauch im Regulierwerk etwas veränderlich ift. Die Lampenarten find nach fteigender Wirtfchaftlichkeit der Einzellampen geordnet. Man fieht, dafs die Wechfelftromlampen den Gleichftromlampen, die Lampen mit reinen Kohlen den Flammen-Bogenlampen und unter diefen wieder die Lampen mit übereinanderftehenden Kohlen den Flammenbogen-Intenfivlampen mit gegeneinander geneigten Kohlen und nach unten brennendem Lichtbogen in Bezug auf die Wirtfchaftlichkeit bedeutend unterlegen find.

92. Vorschaltwiderstände der Bogenlampen und Schaltung der Stromkreise.

Um die Schwankungen der Lichtstärke, welche durch mechanische Erschütterungen, durch kleine Ungleichheiten in der Zusammensetzung der Kohlenstifte, durch Unvollkommenheiten in der Regulierung u. s. w. verursacht werden können, in zulässigen Grenzen zu halten, schaltet man in jeden Bogenlampen-Stromkreis einen festen Beruhigungswiderstand, den sog. Vorschaltwiderstand, ein. Die im Parallelbetriebe mit Glühlicht fast ausschliesslich gegebenen Spannungen der Leitungsnetze sind 110 *Volt* und 220 *Volt*. Sollen nun z. B. Bogenlampen von 12 *Ampere* und 40 *Volt* bei 110 *Volt* Netzspannung verwendet werden, so schaltet man 2 Lampen hintereinander und verbraucht den Spannungsüberschufs von 30 *Volt* in einem Vorschaltwiderstande von $\frac{30}{12} = 2{,}5$ *Ohm*. Von Lampen für z. B. 6 *Ampere* und 30 *Volt* können bei 110 *Volt* Netzspannung 3 hintereinander brennen. Der Spannungsüberschufs von 20 Volt erfordert dann einen Vorschaltwiderstand von $\frac{20}{6} = 3{,}3$ *Ohm*. Bei 220 *Volt* Netzspannung kann offenbar die doppelte Lampenzahl mit entsprechendem Vorschaltwiderstande brennen. Man schaltet bis zu 36 *Volt* Einzelspannung auch wohl 5 Lampen bei 220 *Volt* hintereinander.

Die Vorschaltwiderstände sind im allgemeinen Sätze von Drahtspiralen, deren Widerstand zum Zweck der Einregulierung der Lampen durch verschiebbare Kontakte verändert werden kann. Sie sollen in feuersicheren Gehäusen eingeschlossen sein und werden am besten nahe den Ausschaltern für die betreffenden Stromkreise untergebracht.

Die in einen Stromkreis hintereinander eingeschalteten Bogenlampen können nur gleichzeitig brennen. Wird für einen bestimmten Zweck die durch die verfügbare Netzspannung gegebene Lampenzahl unerwünscht grofs, so können sog. Doppellampen verwendet werden, welche in einem Gehäuse und einer Glocke 2 hintereinander geschaltete Einzellampen enthalten. In dem gleichen Stromkreise können zur Not Lampen mit reinen Kohlen, Flammen-Bogenlampen, Intensivflammen-Bogenlampen und Dauerbrandlampen für gleiche Stromstärke und Stromart hintereinander brennen. Man wird aber stets finden, dafs die am unruhigsten brennende Lampenart ihre Unruhe zum Teil auf die an und für sich ruhiger brennenden Lampen des gleichen Stromkreises überträgt.

93. Wirtschaftlichkeit des Bogenlichtes.

Für den Leistungsverbrauch der Bogenlampen (in *Watt*) ist also neben der Stromstärke nur zum Teil ihre eigene Spannung mafsgebend. Es kommt aufserdem darauf an, wie viele Lampen man in einem Stromkreise bei der gegebenen Netzspannung einschliesslich des Vorschaltwiderstandes hintereinanderschalten kann. Tabelle I gibt für jede Lampenart und für Stromkreise von 110 *Volt* Gesamtspannung in der dritten Zeile neben der Zahl der hintereinander schaltbaren Lampen die ganze erzielte Lichtmenge in *Hefner*-Kerzen, in der vierten Zeile die Lichtmenge ohne Glasglocken (nackter Lichtbogen) für 1 *Kilowatt* $\left(\frac{HK}{KW}\right)$, in der fünften Zeile die betreffende Gröfse bei Verwendung von klaren Glasglocken mit 10 Vomhundert Verlust, auf den man bei mittlerer Reinhaltung der Glocken rechnen mufs, in der sechsten Zeile die $\frac{HK}{KW}$ bei Anwendung von Opal- oder von Alabasterglasglocken mit 30 Vomhundert Verlust. Trotzdem man 3 Wechselstromlampen bei 110 *Volt* hintereinander brennen kann, bleibt die Reihenfolge der

Tabelle I:

Lichtſtärke, Spannung und Wirtſchaftlichkeit von Bogenlampen.

	Stromſtärke	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	*Ampere*
Wechſelſtrom-Bogenlampe mit reinen Kohlen	Lichtſtärke	—	—	140	210	300	400	500	600	700	800	*Hefner*-Kerzen
	Spannung	—	—	27—30	28—30	29—31	29—31	29—31	30—32	30—32	31—33	*Volt*
3 Lampen bei 110 *Volt* Netzſpannung	Geſamte Lichtſtärke	—	—	420	630	900	1200	1500	1800	2100	2400	*Hefner*-Kerzen
	Lichtſtärke für 1 *Kilowatt*: Nackter Lichtbogen	—	—	636	716	818	910	975	1020	1060	1080	*Hefner*-Kerzen / *Kilowatt*
	Klare Glasglocke — 10 Vomhundert	—	—	570	650	740	820	880	920	950	970	
	Ueberfangglasglocke — 30 Vomhundert	—	—	445	500	570	635	680	715	740	755	
Wechſelſtrom-Flammenbogenlampe. Kohlen übereinander. Gelbliches Licht	Lichtſtärke	—	—	300	440	590	750	900	1050	—	—	*Hefner*-Kerzen
	Spannung	—	—	30	30	30	30—32	30—33	30—35	—	—	*Volt*
3 Lampen bei 110 *Volt* Netzſpannung	Geſamte Lichtſtärke	—	—	900	1320	1770	2250	2700	3150	—	—	*Hefner*-Kerzen
	Lichtſtärke für 1 *Kilowatt*: Nackter Lichtbogen	—	—	1364	1500	1610	1710	1750	1790	—	—	*Hefner*-Kerzen / *Kilowatt*
	Klare Glasglocke — 10 Vomhundert	—	—	1230	1350	1450	1540	1580	1610	—	—	
	Ueberfangglasglocke — 30 Vomhundert	—	—	860	1050	1130	1190	1220	1250	—	—	
Gleichſtrom-Bogenlampe mit reinen Kohlen	Lichtſtärke	—	200	430	680	950	1250	1570	1900	2250	2600	*Hefner*-Kerzen
	Spannung	—	35—37	35—39	35—40	35—41	35—42	36—43	37—44	39—45	40—46	*Volt*
2 Lampen bei 110 *Volt* Netzſpannung	Geſamte Lichtſtärke	—	400	860	1360	1900	2500	3140	3800	4500	5200	*Hefner*-Kerzen
	Lichtſtärke für 1 *Kilowatt*: Nackter Lichtbogen	—	910	1302	1546	1730	1890	2040	2160	2270	2360	*Hefner*-Kerzen / *Kilowatt*
	Klare Glasglocke — 10 Vomhundert	—	820	1170	1390	1560	1710	1840	1940	2030	2120	
	Ueberfangglasglocke — 30 Vomhundert	—	635	925	1080	1210	1320	1430	1510	1590	1650	
Gleichſtrom-Dauerbrandlampe mit klarer Innenglocke	Lichtſtärke	80	300	560	800	—	—	—	—	—	—	*Hefner*-Kerzen
	Spannung	65—70	70—75	78—82	80—85	—	—	—	—	—	—	*Volt*
1 Lampe bei 110 *Volt* Netzſpannung	Geſamte Lichtſtärke	80	300	560	800	—	—	—	—	—	—	*Hefner*-Kerzen
	Lichtſtärke für 1 *Kilowatt*: Nur klare Innenglocke	364	682	848	910	—	—	—	—	—	—	*Hefner*-Kerzen / *Kilowatt*
	Klare Glasglocke — 10 Vomhundert	328	614	763	820	—	—	—	—	—	—	
	Ueberfangglasglocke — 30 Vomhundert	254	477	593	636	—	—	—	—	—	—	

Stromstärke	2	4	6	8	10	12	14	16	18	20	*Ampere*
Gleichstrom-Flammenbogenlampe, Kohlen übereinander. Gelbliches Licht — Lichtstärke	—	—	600	1000	1500	2000	2500	3000	—	—	*Hefner*-Kerzen
Gleichstrom-Flammenbogenlampe, Kohlen übereinander. Gelbliches Licht — Spannung	—	—	34	40	41	42	42	43	—	—	*Volt*
2 Lampen bei 110 *Volt* Netzspannung — Gesamte Lichtstärke	—	—	1200	2000	3000	4000	5000	6000	—	—	*Hefner*-Kerzen
Lichtstärke für 1 *Kilowatt* — Nackter Lichtbogen	—	—	1820	2270	2730	3030	3250	3410	—	—	*Hefner*-Kerzen / *Kilowatt*
Lichtstärke für 1 *Kilowatt* — Klare Glasglocke — 10 Vomhundert	—	—	1640	2040	2450	2730	2920	3070	—	—	*Hefner*-Kerzen / *Kilowatt*
Lichtstärke für 1 *Kilowatt* — Ueberfangglasglocke — 30 Vomhundert	—	—	1270	1590	1910	2120	2270	2390	—	—	*Hefner*-Kerzen / *Kilowatt*
Wechselstrom-Intensiv-Flammenbogenlampe Kohlen geneigt. Gelbliches Licht — Lichtstärke	—	—	800	1350	1950	2500	—	—	—	—	*Hefner*-Kerzen
Wechselstrom-Intensiv-Flammenbogenlampe Kohlen geneigt. Gelbliches Licht — Spannung	—	—	44	45	45	45	—	—	—	—	*Volt*
2 Lampen bei 110 *Volt* Netzspannung — Gesamte Lichtstärke	—	—	1600	2700	3900	5000	—	—	—	—	*Hefner*-Kerzen
Lichtstärke für 1 *Kilowatt* — Nackter Lichtbogen	—	—	2420	3070	3550	3790	—	—	—	—	*Hefner*-Kerzen / *Kilowatt*
Lichtstärke für 1 *Kilowatt* — Klare Glasglocke — 10 Vomhundert	—	—	2180	2760	3200	3500	—	—	—	—	*Hefner*-Kerzen / *Kilowatt*
Lichtstärke für 1 *Kilowatt* — Ueberfangglasglocke — 30 Vomhundert	—	—	1700	2150	2480	2640	—	—	—	—	*Hefner*-Kerzen / *Kilowatt*
Gleichstrom-Intensiv-Flammenbogenlampe Kohlen geneigt. Gelbliches Licht — Lichtstärke	—	—	1200	1760	2460	3400	—	—	—	—	*Hefner*-Kerzen
Gleichstrom-Intensiv-Flammenbogenlampe Kohlen geneigt. Gelbliches Licht — Spannung	—	—	45	45	45	45	—	—	—	—	*Volt*
2 Lampen bei 110 *Volt* Netzspannung — Gesamte Lichtstärke	—	—	2400	3520	4920	6800	—	—	—	—	*Hefner*-Kerzen
Lichtstärke für 1 *Kilowatt* — Nackter Lichtbogen	—	—	3640	4000	4480	5150	—	—	—	—	*Hefner*-Kerzen / *Kilowatt*
Lichtstärke für 1 *Kilowatt* — Klare Glasglocke — 10 Vomhundert	—	—	3270	3600	4030	4630	—	—	—	—	*Hefner*-Kerzen / *Kilowatt*
Lichtstärke für 1 *Kilowatt* — Ueberfangglasglocke — 30 Vomhundert	—	—	2550	2800	3120	3600	—	—	—	—	*Hefner*-Kerzen / *Kilowatt*
Verbrauch in *Watt* bei 110 *Volt*	220	440	660	880	1100	1320	1540	1760	1980	2200	für alle Lampen

Lampenarten bezüglich der Wirtſchaftlichkeit auch für die Stromkreiſe erhalten. Nur die Dauerbrandlampe tritt an die zweite Stelle zurück. Nach den Zahlen über die Lichtſtärken für 1 *Kilowatt* iſt klar, daſs man in Wechſelſtrom- oder Drehſtromnetzen Bogenlampen mit reinen Kohlen nur dann anwenden wird, wenn Flammen-Bogenlampen wegen des farbigen Lichtes ausgeſchloſſen ſind.

94. Koſten der Kohlenſtifte.

Die durch den Verbrauch an Kohlenſtiften guter Fabrikation entſtehenden Nebenkoſten ſtellen ſich bei Lampen mit reinen Kohlen auf rund 0,2 Pfennige für das *Ampere* und die Stunde; für kleine Stromſtärken und kurze Kohlenſtifte (kurze Brenndauer) etwas höher, für groſse Stromſtärken und lange Brenndauer etwas niedriger. Flammen-Bogenlampen ergeben nahezu die doppelten Nebenkoſten für den Verbrauch an Kohlenſtiften.

95. Verwendung der Bogenlampen.

Die Verwendung aller Bogenlampen beſchränkt ſich naturgemäſs auf die Fälle, wo intenſive Lichtquellen überhaupt zuläſſig ſind. Für weiche und intime Innenbeleuchtung eignen ſie ſich durchweg nicht. Auſserdem hat man bezüglich dekorativer Wirkung ſorgfältig auf die Farbe des Bogenlichtes Rückſicht zu nehmen. Räume, die bei Tageslicht und bei künſtlichem Licht benutzt werden und farbig dekoriert ſind, dürfen nur durch Bogenlampen mit reinen Kohlen beleuchtet werden. Wenigſtens ſollte, wenn man fatale Ueberraſchungen vermeiden will, die Wirkung von Flammen-Bogenlampen vorher bei voller Lichtwirkung ausgeprobt werden.

Daſs die Geſamtbeleuchtung umſo gleichmäſsiger wird, je mehr und dementſprechend je kleinere Lichtquellen verwendet werden, während die Bedienungsarbeit proportional und das Anlagekapital nahezu proportional mit der Lampenzahl wächſt, braucht wohl kaum erwähnt zu werden. Wegen der Verwendung für Innenräume halte man ſich vor Augen, daſs die Helligkeit auch der beſten Bogenlampe mit reinen Kohlen gelegentlich etwas zuckt. Man ſei deshalb für gute Theater und Konzertſäle, insbeſondere für Vortragsſäle vorſichtig. Zuckende Bogenlampen ſtören die Aufmerkſamkeit ſehr. In Vortragsſälen, welche für Projektionszwecke und dergl. häufig verdunkelt werden müſſen, ſind Bogenlampen jeder Art unverwendbar, da ſie beim Wiederanbrennen faſt immer kurze Zeit mehr oder weniger flackern. Man denke auch daran, daſs Bogenlampen der Bedienung bedürfen. Die Kohlenſtifte müſſen regelmäſsig erſetzt, und die Werke müſſen von Zeit zu Zeit gereinigt, auch wohl nachreguliert werden. Bei unregelmäſsiger Brenndauer können unter Umſtänden die Kohlenſtifte nicht bis auf den üblichen Reſt von 40 bis 50 mm aufgebraucht werden, da eine längere Brenndauer von ſchon ſtark abgebrannten Kohlen nicht mehr ohne Unterbrechung geleiſtet werden kann. Es iſt ſelbſtverſtändlich, daſs die Bogenlampenaufhängung derart eingerichtet ſein muſs, daſs die Lampen zum Zweck des Kohlenerſatzes u. ſ. w. leicht in erreichbare Höhe herabgelaſſen werden können.

96. Deckenreflex-Beleuchtung.

Für Deckenreflex-Beleuchtung oder ſog. indirekte Beleuchtung oder Erhellung (ſiehe das nachfolgende Kapitel), die eine möglichſt gleichmaſsige ſchattenloſe Erhellung erzielen ſoll, wendet man nicht ſelten Bogenlampen an, deren Licht ausſchlieſslich an die Decke geworfen und von dieſer gleichmäſsig verteilt den Arbeitsplätzen zugeführt wird. Häufig werden hierbei Gleichſtrom-Bogenlampen verwendet, deren poſitive Kohle unter der negativen ſteht, um die gröſste Lichtmenge unmittelbar an die Decke zu werfen. Sie haben 2 bis 5 *Volt* mehr Spannung als die normalen Lampen mit obenſtehender poſitiver Kohle und dieſen gegenüber den gerade in dieſem Falle ſehr ſtörenden Nachteil, daſs ſie weniger ruhig zu brennen pflegen

als Lampen mit normaler Kohlenftellung. Die Lichtverlufte bei der Deckenreflex-Beleuchtung find naturgemäfs wegen der mehrfachen diffufen Reflexion fehr bedeutend. Man erreicht eine gute Beleuchtung für Zeichenfäle mit 35 bis 40 *Hefner*-Kerzen für 1 qm Fufsbodenfläche, alfo z. B. bei Verwendung je einer Gleichftromlampe von 8 bis 10 *Ampere* mit obenftehender pofitiver Kohle auf etwa je 20 bis 25 qm Fufsbodenfläche bei 4 bis 5 m Raumhöhe und 3 bis 4 m Höhe des Lichtpunktes. (Vergl. Tabelle I, S. 76.) Verwendung von Wechfelftromlampen ift auch bei 50 Perioden wegen des Flimmerns der Lampen für diefen Zweck nicht ganz unbedenklich. Flammen-Bogenlampen find wegen des zu unruhigen Brennens fo gut wie ausgefchloffen.

97. Höhe der Bogenlampen über dem Fufsboden.

Je höher über der zu beleuchtenden Fläche (Bodenfläche u. f. w.) bei der gewöhnlichen direkten Beleuchtung die Bogenlampen angebracht werden, umfo gleichmäfsiger wird die Erhellung, und umfoweniger beeinträchtigt das Blenden der Lampen den Eindruck der Helligkeit. Bei einer gröfseren Zahl gleichmäfsig über einer Fläche verteilter Lampen ift, folange die Höhe der Lampen relativ klein bleibt gegen die Abmeffungen der zu erhellenden Fläche, die gefamte der Fläche zugeführte Lichtmenge nahezu unabhängig von der Lampenhöhe. Nur die Lichtmenge, die über den Rand der Fläche hinausfällt, geht für die Fläche verloren, und diefe Lichtmenge wird allgemein umfo geringer und wächft mit der Lampenhöhe relativ umfo langfamer, je gröfser die Fläche ift. Auch in beiderfeits bebauten Strafsen mittlerer Breite mit Häuferfronten in nicht zu dunklen Farbentönen ändert fich die empfundene Helligkeit bei weitem nicht etwa umgekehrt proportional dem Quadrat der Lampenhöhe — einmal wegen der Reflexion an den Häuferwänden und ferner, weil die höher hängenden Lampen weniger blenden. Anders ift es felbftverftändlich, wenn bei einfeitiger oder ganz fehlender Bebauung die Reflexion zum Teil oder ganz wegfallt.

Als erfter Anhalt mögen folgende Zahlenangaben gelten. Ift L die mittlere hemifphärifche Lichtftärke der verwendeten Bogenlampen in *Hefner*-Kerzen, fo foll die Höhe des Lichtpunktes über dem Fufsboden in Metern mindeftens $2 + \frac{L}{400}$ und höchftens $4 + \frac{L}{300}$ etwa betragen. Diefe Regel ift im Freien fowohl wie für Innenräume brauchbar. Eine Bogenlampe von z. B. 1000 HK foll alfo 4,50 bis 7,30 m hoch angebracht werden.

98. Lichtftärke und Lampenzahl für einige Zwecke.

Auf grofsen freien Plätzen, auch für Fabrikhöfe und dergl., erhält man mit Lampen von 2000 bis 3000 HK und 1 $\frac{\text{HK}}{\text{qm}}$ fchon eine brauchbare Verkehrsbeleuchtung. Mehr ift beffer! Für parkartig angelegte Plätze nehme man Lampen von 1200 bis 2500 HK, rechne etwa 1,5 $\frac{\text{HK}}{\text{qm}}$ und verwende, um den natürlichen Farbeneindruck möglichft zu erhalten, Lampen mit reinen Kohlen, falls dies nicht zu teuer wird. Reftaurants im Freien in parkartiger Umgebung erfordern 2 bis 3 $\frac{\text{HK}}{\text{qm}}$ und Lampen von nicht mehr als 2000 HK. Glühlampengruppen daneben an intimen Plätzen erhöhen fehr den Eindruck der Behaglichkeit.

Für Strafsenbeleuchtung find Bogenlampen von etwa 2000 bis 3000 HK in einem Abftande von 60 bis 80 m geeignet. Im einzelnen follten ftets Probe-

beleuchtungen entfcheiden, wenn nicht nach gut paffenden Vorbildern gearbeitet werden kann.

In Bahnhofshallen verwende man Lampen von 1500 bis 2000 HK, und zwar unbedenklich Flammen-Bogenlampen, und rechne 3 bis 4 $\frac{HK}{qm}$. Dies erfcheint hoch gegriffen. Man darf aber nicht vergeffen, dafs hier wegen der ftets berufsten Decken und Wände auf erhebliche Reflexion kaum gerechnet werden darf.

Für Markthallen (heller Anftrich) find, um die Farben der Waren beurteilen zu können, Lampen mit reinen Kohlen den Flammen-Bogenlampen vorzuziehen. Bei einer Lichtftärke der Einzellampen von 1000 bis 1500 HK follten nicht weniger als 4 $\frac{HK}{qm}$ gerechnet werden. Trotzdem wird man an vielen Verkaufsftänden mit Glühlampen nachhelfen müffen.

Auch für andere Innenräume (Läden, Reftaurants, Verfammlungsräume) find Flammen-Bogenlampen wegen Farbe und Unruhe des Lichtes nicht unbedenklich, ebenfo Lichtquellen von mehr als 1000 HK. Man rechne 5 bis 10 $\frac{HK}{qm}$. Schaufenfter follte man mit Bogenlicht nur von aufsen, von der Strafse aus, beleuchten.

Unter allen Umftänden ift für einen beftimmten Beleuchtungszweck, für deffen Erreichung Vorbilder nicht zur Hand find, eine eingehende Probe fehr zu empfehlen. Die liefernde Firma macht fie meiftens gegen geringe Vergütung.

99.
Queckfilberlampen.

Bezüglich der zu den Bogenlampen zu zählenden Queckfilberlampe mögen folgende orientierende Bemerkungen genügen. Ihr Stromverbrauch ift im Vergleich mit Glühlampen gleicher Helligkeit gering, zur Zeit etwa nur knapp die Hälfte desjenigen der beften Metallfaden-Glühlampen. Da aber in dem intenfiv blaugrünen Lichte der Queckfilberlampen z. B. Fleifchtöne geradezu leichenhaft ausfehen, fo ift ihre Verwendung auf Gelegenheiten befchränkt, wo dergleichen ertragen werden kann. Fabriken und Werkftätten dürften unter Umftänden in Frage kommen. Einen Nebenverbrauch aufser dem Stromverbrauch etwa an Kohlen wie die Bogenlampen hat die Queckfilberlampe nicht. Ihre Lebensdauer fcheint fehr grofs zu fein. Das Licht foll die Augen nicht angreifen.

100.
Glühlampen.

In allen elektrifchen Glühlampen wird ein faden- oder ftabförmiger fefter Körper vom Widerftand w durch den Strom i zum Glühen gebracht. Die in 1 Sekunde erzeugte Wärmemenge ift für jedes erwärmte Material gleich $0{,}24\, i^2 w$ Grammkalorien. Da die Stromftärke, um mit kleinen Leitungsquerfchnitten auszukommen, klein gehalten werden mufs, fo führt die Forderung eines grofsen Widerftandes $\left(w = s\,\frac{l}{q}\right)$ ohne weiteres auf die Fadenform des Glühkörpers.

Allgemein wird von der verbrauchten elektrifchen Leiftung ein umfo gröfserer Bruchteil in Licht umgefetzt, je höher die Temperatur des ftrahlenden Körpers ift. Diefe mufs aber, damit der Glühkörper die zugeführte Wärmemenge an die Umgebung wieder abgeben kann, umfo höher fein, je fchlechter die Umgebung die Wärme ableitet. Da nun gasförmige Körper fowohl durch ihre reine Wärmeleitung, wie auch durch Uebertragung der Wärme durch Strömung die Wärmeabgabe begünftigen, fo fchliefst man (die *Nernft*-Lampe ausgenommen) die leuchtenden Fäden der Glühlampen in Glashüllen ein, pumpt die Luft fo vollftändig wie möglich aus und fchmilzt die Glashüllen zu. Man erreicht dadurch

zugleich den Vorteil, daſs die glühenden Fäden nicht mit dem Sauerſtoff der Luft verbrennen können.

Glühlampen werden in den weitaus meiſten Fällen nach der verfügbaren Betriebsſpannung ausgewählt und eine wie die andere an die Leitungen angeſchloſſen (Parallelſchaltung). Paarweiſe oder auch dreiſache Hintereinanderſchaltung kommt nur in Frage, wenn die gewünſchte Lampenart bis zur Höhe der Betriebsſpannung nicht hergeſtellt werden kann (Metallfadenlampen). Alsdann verlöſchen beim Durchbrennen einer Lampe auch die übrigen derſelben Reihe. Etwa erforderliche Vorſchaltwiderſtände (*Nernſt*-Lampe) ſind in den Lampenfaſſungen untergebracht.

Man hat zu unterſcheiden zwiſchen der Kohlenfaden-Glühlampe, der *Nernſt*-Lampe und den Metallfaden-Glühlampen (Osmiumlampe, Tantallampe und Osram-[Wolfram-]lampe).

101. Kohlenfaden-lampen.

Die Kohlenfadenlampe enthält einen Faden aus reiner Kohle. Baumwolle wird nitriert, zu einem Brei gelöſt, in Fäden der gewünſchten Form von etwa 0,2 bis 0,4 mm Durchmeſſer gepreſst, getrocknet und durch Denitrierung in reine Baumwolle wieder übergeführt. Die Fäden ſind dicht, elaſtiſch und durchſichtig. Sie werden durch viele Stunden langes Glühen unter Luftabſchluſs bei etwa 2000 Grad in Kohle übergeführt, mit den Enden in geeigneter Weiſe an dünnen Platindrähten befeſtigt, die durch einen Glasſockel hindurch eingeſchmolzen ſind, und in Gegenwart ſchwerer Kohlenwaſſerſtoffe geglüht, deren Kohle ſich auf und in den poröſen Kohlenfäden ausſcheidet, ſie dicht und feſt und ihren Widerſtand gleichmäſsig macht. Ueber den Faden werden die zunächſt noch mit einem dünnen Glasrohr verſehenen bekannten Glasbirnen am Glasſockel angeſchmolzen, ausgepumpt, zugeſchmolzen und mit Hilfe von Gipsgemiſchen in einem Fuſs befeſtigt, der mit Kontakten für die Stromzuführung verſehen iſt. Das bequeme Einſetzen und Auswechſeln der Lampen in den an den Zuleitungen befeſtigten Faſſungen mit und ohne Ausſchalter iſt bekannt.

Kohlenfadenlampen werden für rund 4 *Volt* zum Gebrauch als Taſchenlampen in Verbindung mit kleinen Trockenelementen und Akkumulatoren, für Lichtanlagen in allen nahe um 110 und um 220 *Volt* liegenden Spannungen fabriziert. Die vorzugsweiſe hergeſtellten Lichtſtärken ſind 5, 10, 16, 20, 25, 32, 50 und 100 *Hefner*-Kerzen. Die im Handel befindlichen Formen der Glashüllen, ihre Färbungen u. ſ. w. ſind auſserordentlich mannigfaltig und jeder denkbaren Verwendung angepaſst. Nach durchſchnittlich etwa 800 Brennſtunden (Lebensdauer) brennen die Kohlenfäden infolge Zerſtäubung durch. Inzwiſchen hat die Lichtſtärke um 20 Vomhundert und mehr abgenommen, und die Glasbirnen haben ſich infolge zerſtäubter Kohlenpartikelchen mehr oder weniger geſchwärzt. Der Einkaufspreis beträgt für Lampen bis zu 32 Kerzen 40 bis 50 Pfennige.

Die Kohlenfaden-Glühlampe verbraucht weſentlich unabhängig von ihrer Lichtſtärke rund 3 *Watt* für die *Hefner*-Kerze, liefert alſo rund 330 HK für 1 *Kilowatt* Leiſtung, unabhängig davon, ob ſie mit Gleichſtrom oder mit Wechſelſtrom betrieben wird. Sie flimmert beim Brennen mit Wechſelſtrom nicht. Die Temperatur des Fadens beträgt 1600 bis 1800 Grad. Verſuche, die Lampen bei höherer Temperatur und daher beſſerer Oekonomie zu brennen, ſcheitern am Verkürzen der Lebensdauer und an der zu ſchnellen Abnahme der Lichtſtärke.

Der Widerſtand w des Kohlenfadens ſinkt bei ſteigender Temperatur erheblich. Wenn nun die Betriebsſpannung k ſchwankt, ſo ſchwankt die Stromſtärke

$i = \frac{k}{w}$ ſtärker als die Spannung, weil mit ſteigender Spannung und daher ſteigendem Strom zugleich der Widerſtand abnimmt. Die Lichtſtärke der Kohlenfadenlampe ſchwankt daher 3- bis 4mal ſtärker als die Spannung, und die Lampe iſt alſo für Spannungsſchwankungen ganz beſonders empfindlich. Iſt die Spannung nur um einige Vomhundert durchſchnittlich höher als diejenige, für welche die Lampe konſtruiert iſt, ſo nimmt überdies die Lebensdauer der Lampe bedeutend ab. Es empfiehlt ſich ſehr, Kohlenfaden-Glühlampen gegen neue auszuwechſeln, ſobald ihre Helligkeit weſentlich nachgelaſſen hat, was man bei Tageslicht am inneren grauen Kohlenſtaubüberzug leicht erkennt. Eine ſechzehnkerzige Lampe verbraucht $16 \times 3 =$ rund 50 *Watt*, alſo in 800 Brennſtunden rund 40 *Kilowatt*-Stunden, die bei dem üblichen mittleren Einheitspreiſe von 50 Pfennig rund 20 Mark koſten. Demgegenüber ſpielt der für rund 50 Pfennige erhältliche Lampenerſatz keine weſentliche Rolle, beſonders wenn man berückſichtigt, daſs die Lichtſtärke der Lampe in 800 Stunden um 20 bis 30 Vomhundert abnimmt. Einige deutſche Elektrizitätswerke erſetzen daher, um das Anſehen des von ihnen gelieferten Lichtes nicht durch halbverbrauchte Lampen zu ſchädigen, Lampen, welche über einen gewiſſen Grad in der Lichtſtärke nachgelaſſen haben, ihren Abnehmern koſtenlos.

102. *Nernſt*-Lampen

Die bereits länger bekannte Tatſache, daſs Körper, wie Porzellan und Glas, die bei gewöhnlicher Temperatur gute Iſolatoren ſind, bei hohen Temperaturen den elektriſchen Strom elektrolytiſch leiten, brachte *Nernſt* auf den im Jahre 1897 veröffentlichten Gedanken, Stäbchen aus einer porzellanartigen Maſſe, die aus Miſchungen von Porzellanerde unter Zuſatz von Magneſia und den Oxyden des Zirkons, des Thors u. ſ. w. gebrannt war, als Glühkörper zu verwenden. Da die Stäbchen am Sauerſtoff der Luft nicht verbrennen und die Lampenkonſtruktion die Anwendung des Vakuums verbietet, ſo glühen die Stäbchen im lufterfüllten Raum. Trotzdem iſt die Wirtſchaftlichkeit der *Nernſt*-Lampe bedeutend beſſer als diejenige der Kohlenfaden-Glühlampe, da die *Nernſt*-Stäbchen eine weſentlich höhere Temperatur, nämlich 1900 bis 2200 Grad, ertragen.

Damit die elektrolytiſche Leitung der *Nernſt*-Stäbchen beginnt, müſſen ſie auf 600 bis 700 Grad vorgewärmt werden. Bei den zuerſt in den Handel gebrachten Lampen geſchah dies von Hand durch eine Spiritusflamme. Die heutigen *Nernſt*-Lampen werden nach dem Einſchalten der Lampe ſelbſttätig vorgewärmt. Der Wärmkörper beſteht aus einer feinen, auf ein Porzellanſtäbchen aufgewickelten und mit Glaſur überzogenen Platinſpirale. Das Stäbchen wird in einer Spirale von 6 bis 10 mm Durchmeſſer in 6 bis 10 Windungen um den Glühkörper geführt oder befindet ſich in Zickzackform darüber. Beim Einſchalten der Lampe glüht zunächſt der Wärmkörper. Sobald der Glühkörper leitend wird, alſo die Lampe anbrennt, ſchaltet die Lampe den Wärmkörper ſelbſttätig aus. Vom Einſchalten bis zum Anbrennen der Lampe vergehen 15 bis 30 Sekunden. Neuerdings werden auch Lampen geliefert, die während der Zeit des Anwärmens ein beſonderes kleines Lämpchen für proviſoriſche Beleuchtung einſchalten und mit dem Wärmkörper wieder ausſchalten.

Da der Widerſtand des *Nernſt*-Stabes wie derjenige des Kohlenfadens mit wachſender Temperatur auch im Glühzuſtande noch ſtark abnimmt, ſo befindet ſich im Lampenfuſs ein Vorſchaltwiderſtand aus Eiſendraht, der die Widerſtandsabnahme des Glühkörpers ausgleichen ſoll. Trotzdem ſind die Glühkörper bezüglich ihrer Lebensdauer ziemlich empfindlich für Spannungsſchwankungen, beſonders auf zu hohe

Spannung. Die mittlere Lebensdauer ſoll bei gut konſtanter Spannung 300 bis 400 Brennſtunden betragen. Aus der Praxis wird ſie nicht ſelten bedeutend geringer bewertet. Während der Lebensdauer der Glühkörper ſinkt ihre Lichtſtärke allmählich um 20 bis 30 Vomhundert. Der anfängliche Verbrauch beträgt etwa 1,5, der ſchlieſsliche rund 2 *Watt* für 1 *Hefner*-Kerze gleichmäſsig für Gleichſtrom und für Wechſelſtrom. Bei einem mittleren Verbrauch von 1,75 *Watt* für die *Hefner*-Kerze liefert die *Nernſt*-Lampe alſo rund 540 *Hefner*-Kerzen für 1 *Kilowatt*, tritt ſomit bereits in Wettbewerb mit den weit gröſseren Lichtquellen der Bogenlampen mit reinen Kohlen. Dabei iſt die Lichtabſorption in der mattierten Glasglocke der *Nernſt*-Lampe mit eingerechnet. Die Glasglocke iſt unentbehrlich, da der Glühkörper ohne eine ſolche ſehr intenſiv blendet.

Die *Nernſt*-Lampen werden für etwa 25 bis 200 *Hefner*-Kerzen und für 110 und 220 *Volt* und für höhere Spannungen konſtruiert. Letzteres iſt neben der bedeutend beſſeren Oekonomie ein Vorteil, da andere Glühlampen für mehr als 220 *Volt* nicht geliefert werden können. Die *Nernſt*-Lampen ſind auſserdem geeignet, die Kluft zwiſchen den üblichen Lichtſtärken der Fadenglühlampen und denjenigen der kleinen Bogenlampen zu überbrücken. Ein Nachteil iſt ihre im Verhältnis zu den Fadenlampen verwickelte Konſtruktion, die gelegentlich zu Störungen führt, und der Umſtand, daſs ſie zwiſchen Einſchalten und Brennen der Vorwärmungszeit bedürfen. Die Lampen koſten etwa 3 Mark, der Erſatz eines durchgebrannten Glühkörpers etwa 65 Pfennige. Die Gröſse einer *Nernſt*-Lampe übertrifft diejenige einer Kohlenfadenlampe nicht erheblich.

103. Metallfaden-Glühlampen.

Die Metallfaden-Glühlampen ſind ſeit Ende des Jahres 1902 folgeweiſe in den Handel gebracht. Als Metalle kamen bisher Osmium, Tantal und Wolfram zur Anwendung. Sie haben bedeutend höhere Schmelzpunkte als Platin, welches als Faden einer Glühlampe auffallend raſch zerſtäubt, und ertragen Temperaturen von 2200 Grad und mehr. Sie geben daher bedeutend beſſere Lichtausbeute als die Kohlenfadenlampe und zum Teil ſelbſt als die *Nernſt*-Lampe. Ein groſser Vorteil der Metallfäden als Glühkörper liegt darin, daſs ihr Widerſtand w mit ſteigender Temperatur zunimmt entgegen dem Kohlenfaden und dem *Nernſt*-Körper. Steigt die Betriebsſpannung k, ſo wächſt $\left(i = \frac{k}{w}\right)$ der Strom i langſamer als die Spannung, da mit der durch den zunehmenden Strom i geſteigerten Temperatur auch der Widerſtand w zunimmt. Infolgedeſſen ſind die Metallfadenlampen in Helligkeit und Lebensdauer bedeutend weniger von den Betriebsſchwankungen der Spannung abhängig als die Kohlenfadenlampe und die *Nernſt*-Lampe. Lichtſtärke und Oekonomie der Metallfadenlampen ſcheinen während ihrer Lebensdauer nicht merklich abzunehmen, nach den bisherigen Angaben nur um wenige Vomhundert.

Schaltet man eine Metallfadenlampe und eine Kohlenfadenlampe gleichzeitig ein und wieder aus, ſo fällt ſtark in die Augen, daſs die Metallfadenlampe ſchneller ihre volle Helligkeit erreicht und beim Ausſchalten weſentlich kürzere Zeit nachglüht als die Kohlenfadenlampe. Dies hat ſeinen Grund darin, daſs einmal die ſpezifiſche Wärme der in Frage kommenden Metalle mehrfach kleiner iſt als diejenige der Kohle, daſs ferner die Metallfäden Durchmeſſer zwiſchen 0,1 und 0,05 mm beſitzen, und daher eine verhältnismäſsig zu ihrem Querſchnitt bedeutend gröſsere Oberfläche als die Kohlenfäden von 0,2 mm und mehr Durchmeſſer haben, und daſs endlich ihr Wärmeleitungsvermögen gröſser iſt. Sie nehmen daher den bei ihrer

Glühtemperatur vorhandenen geringeren Wärmevorrat fchneller auf, geben ihn aber auch fchneller wieder ab als die Kohlenfäden. Die praktifche Folge davon ift die, dafs die Metallfäden auch auf Schwankungen in der Wärmezufuhr empfindlicher reagieren als Kohlenfäden. Bei Wechfelftrom von 50 Perioden brennen beide Lampenforten ruhig. Bei 25 Perioden flimmern Metallfäden fchon ftark, Kohlenfäden nicht. Wenn daher aus befonderen Gründen, insbefondere wegen des Betriebes von Motoren, unter Umftänden Wechfelftrom oder Drehftrom von 25 Perioden verwendet wird, fo liefert diefer in den Kohlenfadenlampen und *Nernft*-Lampen durchaus brauchbares Licht, dagegen in Metallfadenlampen und Bogenlampen nicht.

Ueber die Vorgänge bei Herftellung der Metallfäden ift bisher wenig in die Oeffentlichkeit gedrungen. Der Faden der Osmiumlampe ift mechanifch nicht befonders widerftandsfähig, derjenige der Tantallampe und der Osramlampe dagegen fehr. Die Metallfäden glühen fämtlich im luftleeren Raum und find ähnlich befeftigt und montiert und werden ebenfo mit den Lampenfaffungen verbunden wie die Kohlenfäden.

104. Osmiumlampen.

Die Osmiumlampe aus dem Jahre 1902 befitzt einen oder zwei hintereinandergefchaltete Osmiumfäden von etwa 0,1 mm Durchmeffer und je 120 bis 140 mm Länge. Da die Fäden beim Glühen ein wenig erweichen, fo werden fie in ihrer Mitte noch einmal von der Glasbirne aus durch Stäbchen geftützt und verlangen lotrechte Stellung der brennenden Lampe. Die Lampen werden hauptfächlich für rund 55 *Volt* (bei 110 *Volt* Netzfpannung 2 Lampen hintereinander) und für rund 73 *Volt* (bei 220 *Volt* 3 hintereinander) fabriziert. Ihr Verbrauch ift rund 1,5 *Watt* für die *Hefner*-Kerze; fie geben alfo rund 670 *Hefner*-Kerzen für 1 *Kilowatt*. Ihre Lebensdauer beträgt rund 1000 Brennftunden, ihr Preis etwa 4 Mark. Sie find zur Zeit durch die nachfolgenden Lampen technifch überholt.

105. Tantallampen.

Die Tantallampe ftammt etwa aus dem Jahre 1904 und hat einen Faden aus Tantalmetall, der durch Schmelzen und Ziehen aus Tantalpulver gewonnen wird und zunächft fehr hart und elaftifch ift. Für 110 *Volt* und 25 *Hefner*-Kerzen hat der Faden etwa 650 mm Länge und 0,05 mm Durchmeffer. Er ift in 22 Strecken von etwa 30 mm Länge auf einem Syftem von je 11, bezw. 12 gegeneinander verfetzten, im Kreife ftrahlenförmig angeordneten Tragarmen befeftigt. Trotz diefer fcheinbar verwickelten Anordnung ift die Lampe recht widerftandsfähig. Der Faden verträgt ohne Schaden Ueberfpannungen von einem Betrage, wie fie im normalen Betriebe nicht vorkommen. Durch das Glühen verändert fich mit der Zeit die Fadenftruktur, und der Faden verliert an Feftigkeit. Eine längere Zeit gebrauchte Lampe verträgt das Verfenden nicht. Wechfelftrom ertragen die Lampen nur kurze Zeit.

Tantallampen werden für Lichtftärken von 8 bis 50 *Hefner*-Kerzen für bisher höchftens 110 *Volt* gebaut, haben etwa 800 Brennftunden Lebensdauer und koften zur Zeit etwa 3 Mark. Ihre Oekonomie beträgt bei kleineren Lichtftärken 2,1 bis 2,3 $\frac{W}{HK}$, von 16 *Hefner*-Kerzen an nur rund 1,5 *Watt* für die *Hefner*-Kerze; fie geben alfo rund 460 bis 670 *Hefner*-Kerzen für das *Kilowatt*. Bei der Verteilung der gefamten Lichtausftrahlung auf den fehr langen Faden blenden fie verhältnismäfsig wenig.

106. Osramlampen.

Die Osramlampe enthält, foviel bekannt ift, einen Faden aus Wolframmetall. Sie ift im Jahre 1906 in den Handel gekommen und infolge ihrer hervorragenden Eigenfchaften fofort fo ftark begehrt worden, dafs die Fabrikation auch jetzt noch,

im Anfang des Jahres 1907, die Nachfrage kaum befriedigen kann. Da Wolfram genügend vorhanden ist, so ist anzunehmen, dass der Lampenpreis von jetzt 3 Mark in absehbarer Zeit bedeutend sinken wird. Sie wird zur Zeit in Lichtstärken von 32 bis 100 *Hefner*-Kerzen für Spannungen von rund 110 *Volt* und in Form der Kohlenfaden-Glühlampen fabriziert, aber mit 4 hintereinander geschalteten Fäden von je etwa 140 mm Länge. Sie hat etwa 1000 Brennstunden Lebensdauer und verbraucht nur rund 1,1 *Watt* für die *Hefner*-Kerze, liefert also rund 900 *Hefner*-Kerzen für 1 *Kilowatt*. Demnach tritt sie mit allen Bogenlampen geringer Lichtstärken in erfolgreichen Wettbewerb, überflügelt sie sogar schon jetzt zum Teil erheblich. Auch gegenüber dem besten Glasglühlicht kommt sie wesentlich in Frage.

Die ganze Entwickelung der Metallfaden-Glühlampen befindet sich ohne Zweifel noch in ihrer Anfangsstufe und läfst für die Zukunft noch bedeutende Fortschritte erhoffen.

107. Farbe der Glühlampen.

Im Farbenton des Lichtes entspricht die am rotesten brennende Kohlenfadenlampe am meisten einem Bedürfnis nach warmen Beleuchtungstönen. Auch die *Nernst*-Lampe und die Metallfadenlampen liefern noch bedeutend weniger blaue Strahlen als das Tageslicht. Sie entsprechen im Farbenton etwa einem guten Gasglühlicht. Für sämtliche Glühlampen kann man durchweg sagen: je schlechter die Oekonomie, umso wärmer der Ton; denn höhere Temperatur liefert allgemein mehr Licht und weifseres Licht.

108. Verwendung der Glühlampen.

Bezüglich der Verwendung von Glühlampen ist zunächst zu bemerken, dafs die beim Bogenlicht allgemein bestehende Regel (vergl. Tabelle I, S. 76): »je gröfser die Lichtquelle, umso besser die Oekonomie,« für Glühlampen nicht zutrifft. Die Zahl der für 1 *Kilowatt* erzeugbaren *Hefner*-Kerzen ist in den weitesten Grenzen von der Stärke der Lichtquellen unabhängig. Nur kleine Tantallampen brennen unwirtschaftlicher als grofse. Die vermehrte Unterteilung einer gesamten für einen Raum geforderten Lichtmenge mit dem Zweck, die Lichtverteilung gleichmäfsiger zu machen oder auch starke Lichtquellen wegen des Blendens zu vermeiden, ist also für Glühlicht nicht mit einer Vermehrung des Betriebsstromes verbunden. Nur die Anlagekosten erhöhen sich mit der Vermehrung der Lichtquellen, und zwar meistens stärker wegen der Kosten der Beleuchtungskörper (Kronen, Wandarme u. s. w.) als wegen der Vermehrung der zu verlegenden Leitungen und der Montagekosten. Denn da bei vermehrter Unterteilung in einem gegebenen Raum die Einzellampen schon aus dekorativen Gründen auch wieder mehr in Gruppen zusammengefafst werden müssen, so wächst die Länge der Zuleitungen bei weitem nicht proportional mit der Lampenzahl.

Für viele Zwecke, z. B. für Gemäldegalerien, für Vortragsäle, in denen Versuche gezeigt werden u. s. w., empfiehlt es sich sehr, die Glühkörper gegen die Zuschauer abzublenden. Die subjektive Wirkung der Lichtquellen wird dadurch beträchtlich vermehrt und der Ermüdung der Augen vorgebeugt. Die abblendenden Schirme brauchen kaum so grofs zu sein wie die Birne der Lampen. Sie stören im Aussehen durchaus nicht.

109. Zahl und Verteilung der Glühlampen.

Bestimmte Regeln für die Zahl der für eine gegebene Bodenfläche oder einen gegebenen Inhalt von Innenräumen erforderlichen Glühlampen zu geben, ist kaum möglich. Besondere Wünsche und Zwecke der Bewohner, Farbe der Wände und der Decken, Farbe und Oberflächenbeschaffenheit der Dekorationen und Möbel u. s. w. machen dergleichen allgemeine Regeln illusorisch. Als erster Anhalt möge folgendes dienen.

Eine fehr gute Beleuchtung, auch noch in 10 m hohen Räumen, erhält man, wenn man für 1 qm Bodenfläche 10 *Hefner*-Kerzen rechnet, befonders wenn man die Lampen mit den Kohlenfäden nach unten kehrt und halbe Glocken von weifsem oder mattiertem Glafe oberhalb der Lampen als Reflektoren anbringt. Derartige Glocken find in den mannigfachften Formen, auch gemuftert, mattiert und farbig, im Handel. Müffen die Glocken unterhalb der Lampen angebracht werden, damit das Auge nicht durch den Kohlenfaden felbft geblendet wird, fo nimmt die Bodenbeleuchtung umfomehr ab, je dunkler Wände und Decken in der Farbe find und je mehr lichtverfchluckende Stoffe (Sammet, Wollftoffe) zur Dekoration der Wände verwendet find.

In Wohnräumen, Verfammlungsräumen, Konzertfälen u. f. w. rechnet man für eine gute Allgemeinbeleuchtung wohl 3 bis 8 *Hefner*-Kerzen für 1 qm Bodenfläche je nach Höhe, Dekoration und Verwendung der Räume. Uebrigens können Lampen, die ihren Lichtftärken nach nicht von vornherein richtig bemeffen find, meiftens ohne Aenderung der Leitungsquerfchnitte gegen gleichartige Lampen paffender Lichtftärken ausgewechfelt werden. Man kann alfo in diefer Hinficht auch in der fertigen Anlage noch in weiten Grenzen nachhelfen.

In Fabriken wird man im allgemeinen für jeden Arbeitsplatz eine Lampe zu rechnen haben; jedoch wird je nach der Art der Arbeit hier häufig die 8- oder 10kerzige Lampe eintreten können, befonders wenn die Gefamtbeleuchtung es geftattet, das Licht der Lampen durch mattweifs angeftrichene Blechfchirme dem Arbeitenden möglichft auf die Hand zu werfen. Einige Proben für den einzelnen Bedürfnisfall können hier allein entfcheiden.

Glühlampen, welche im Freien brennen, erhalten eine zweite äufsere weite Hülle aus ftarkem Glafe, welche die eigentliche Lampenglocke felbft und die Faffung gegen Regen und Schnee fchützt. Glühlampen, welche der mechanifchen Zertrümmerung ausgefetzt find, insbefondere transportable Lampen, erhalten zum Schutz leichte Drahtkörbe.

110.
Vorfichtsmafsregeln in befonderen Räumen.

In Räumen, bezw. in Betrieben, in denen ätzende Gafe und Dämpfe entftehen (auch Gärkeller gehören hierher), find Bogenlampen nur in für diefe Räume befonders konftruierten Modellen verwendbar. Glühlampen erhalten luftdicht fchliefsende Ueberglocken über Birne und Faffung. Schalter liegen aufserhalb der Lampen. Dasfelbe gilt für alle Räume, in denen die Möglichkeit vorliegt, dafs explofible Gafe, Dämpfe oder Staubgemifche die Lampen erreichen können. Sollen Fabrikationsräume für Explofivftoffe, Aetherkammern und dergl. künftliche Beleuchtung erhalten, fo empfiehlt es fich, weder Lichtquellen, noch Leitungen, noch Ausfchalter in die Räume felbft zu legen. Man beleuchtet folche Räume am beften gänzlich von aufsen durch Fenfter und Deckenlichter.

111.
Vergleich der Oekonomie von Bogenlampen und Glühlampen.

Die verfchiedenartigen Bogenlampen und Glühlampen find in der nebenftehenden kurzen Tabelle II zufammengeftellt.

Zu den direkten Betriebskoften tritt für die Glühlampen nur der Lampenerfatz hinzu. Die Lebensdauer und die derzeitigen Koften des Erfatzes find bei Befprechung der einzelnen Lampen angegeben. Wahrfcheinlich wird der Lampenerfatz für die Metallfadenlampen in kurzer Zeit bedeutend billiger werden. Für die Bogenlampen treten die Koften für die Bedienung (Erfetzen der Kohlenftifte und Reinhaltung der Lampen) und für den Verbrauch an Kohlenftiften hinzu. Letztere betragen nach Art. 94 (S. 78) für das *Ampere* und die Stunde für jede

Tabelle II.

		Uebliche Lichtſtärken	*Hefner*-Kerzen / *Kilowatt*
Glüh-lampen	Kohlenfadenlampe	5—100	330
	Nernſt-Lampe	25—200	570
	Tantallampe	8—50	460—670
	Osramlampe	32—100	900
Bogen-lampen	*Hefner*-Kerzen / *Kilowatt* berechnet auf Hintereinanderſchaltung bei 110 *Volt* Betriebsſpannung.		
	Gleichſtrom. Dauerbrand	80—800	250—640
	Wechſelſtrom. Reine Kohlen	140—800	450—750
	Wechſelſtrom. Flammenbogen. Kohlen übereinander	300—1050	860—1250
	Gleichſtrom. Reine Kohlen	200—2600	640—1650
	Gleichſtrom. Flammenbogen. Kohlen übereinander	600—3000	1270—2400
	Wechſelſtrom. Flammenbogen. Kohlen geneigt . .	800—2500	1700—2600
	Gleichſtrom. Flammenbogen. Kohlen geneigt . .	1200—3400	2550—3600
		Hefner-Kerzen	

Lampe mit reinen Kohlen rund 0,2 Pfennige, für Flammenbogenlampen rund 0,1 Pfennige. Die Stromſtärken zu den Lichtſtärken ergeben ſich aus Tabelle I.

112. Verbandsvorſchriften.

Die Einrichtung einer Beleuchtungsanlage bezüglich der Leitungen, ihrer Querſchnitte, ihrer Verlegung, Verbindung und Sicherung, bezüglich der Schalttafeln, Schaltvorrichtungen u. ſ. w. iſt ein auſserordentlich groſses Gebiet, welches hier nur kurz geſtreift zu werden braucht. Viele elektrotechniſch ſehr wichtige Fragen intereſſieren hier den bauenden Architekten gar nicht. Der »Verband deutſcher Elektrotechniker« hat ſeit vielen Jahren die Regelung dieſes Gebietes in die Hand genommen und ſog. »Sicherheitsvorſchriften« erlaſſen, die ſchon wiederholt den Bedürfniſſen der fortſchreitenden Praxis entſprechend umgearbeitet ſind, und die in dieſem Jahre unter der Bezeichnung »Vorſchriften für die Errichtung elektriſcher Starkſtromanlagen nebſt Ausführungsregeln« in einer wohl für längere Jahre gültigen Faſſung erſcheinen. Dieſe »Verbandsvorſchriften«, wie ſie weiterhin kurz bezeichnet werden mögen, ſind von allen elektrotechniſchen Kreiſen, Fabrikanten, Elektrizitätswerken, Inſtallateuren u. ſ. w., in der Rechtſprechung und von den Behörden in Deutſchland als durchaus und allein maſsgebend anerkannt. Bezüglich aller Einzelfragen möge alſo auf dieſe »Verbandsvorſchriften« verwieſen werden. Ueber die durch dieſe feſtgeſetzten Vorſichtsmaſsregeln hinaus machen eine Anzahl von Elektrizitätswerken den Anſchluſs von Leitungsanlagen an ihre Betriebsmittel leider noch von der Erfüllung beſonderer Vorſchriften abhängig.

113. Verfahren bei einer Lichtanlage; Anſchluſs an eine Zentrale.

Der Architekt kann weder die »Verbandsvorſchriften«, noch die Sonderbeſtimmungen der Elektrizitätswerke kennen. Wenn er eine elektriſche Beleuchtungsanlage einzurichten hat, ſo trägt er am einfachſten Zahl, Ort und Stromſtärke bei Bogenlampen, Lichtſtärke und Lampenart bei Glühlampen in einen Plan ein und macht vorläufige Angaben über die Art der für die einzelnen Räume gewünſchten Leitungsverlegung und die Schaltbarkeit der Lampen. Soll die Anlage an das Verteilungsnetz einer Zentrale angeſchloſſen werden, ſo fordert er eine Anzahl von der Zentrale anerkannte Inſtallationsgeſchäfte zur Abgabe eines Angebotes

auf und ftellt ihnen zugleich anheim, Abänderungsvorfchläge auf Grund ihrer Erfahrungen nach vorheriger Rückfprache zu machen. Vor Ausarbeitung des Koftenanfchlages werden die Orte für das Anbringen des Zählers, der Hauptfchalttafel, etwaiger Verteilungsfchalttafeln, der Ausfchalter und Sicherungen an Ort und Stelle verabredet und genau der Verlauf und die Befeftigungsart der Leitungen vereinbart. Für Schalttafeln und alle Nebenvorrichtungen (Sicherungen, Schalter, Steckkontakte, Schnurleitungen, Bogenlampen, Faffungen für die Glühlampen u. f. w.), fowie für das Befeftigungsmaterial der Leitungen werden Proben vorgelegt und vereinbart. Wegen der zu verwendenden Beleuchtungskörper (Kronen, Wandarme u. f. w.) läfst fich der Architekt vorher vom Inftallateur beftätigen, dafs fie für das Anbringen elektrifcher Beleuchtung geeignet find und keine befonders hohen Inftallationskoften verurfachen. Für befonders zu entwerfende künftlerifche Ausführungen ift es fehr wichtig, wegen der Möglichkeit, die Zuleitungen billig anzubringen, vorher den Rat eines erfahrenen Inftallateurs zu hören. Im Koftenanfchlage pflegt der Inftallateur die Leitungen nach Länge, Querfchnitt und Ifolationsart und das Befeftigungsmaterial nach der zu verwendenden Stückzahl anzugeben, fich aber die Freiheit zu wahren, in der Rechnung das wirklich verbrauchte Material anzufetzen. Man vereinbare, dafs in allen nach Mafs und Stückzahl vorher nicht ganz genau überfehbaren Poften die Rechnung den Anfchlag nicht um mehr als 5 Vomhundert überfchreiten darf, und vergebe die Anlage nur, wenn diefe Bedingung ausdrücklich angenommen ift. Die Koften für Montage, Arbeitshilfe, Gerüfte follten im Anfchlage nicht »gefchätzt« oder nach Stundenfätzen auf Grund der gefchätzten Arbeitszeit veranfchlagt, fondern zu einer feften Summe vom Inftallateur übernommen werden. Der Inftallateur hat die Gewähr dafür zu leiften, dafs das Elektrizitätswerk die fertige Anlage abnimmt und anfchliefst, bezw. dafs er alle vom Elektrizitätswerk gerügten Mängel auf feine Koften binnen einer feftgefetzten Frift abftellt. Die dem Elektrizitätswerk zu entrichtenden Gebühren für Prüfung und Abnahme der Anlage find in den Koftenanfchlag aufzunehmen. Der Inftallateur hat ferner die vom Elektrizitätswerk geforderten Anzeigen zu machen und die geforderten Pläne zu liefern, einfchliefslich eines gleichen Planes für den Auftraggeber. Mehrkoften dürfen hierdurch nicht entftehen.

Ob die Glühlampen felbft mitgeliefert werden follen, ift Sache der Vereinbarung. Es empfiehlt fich, dem Inftallateur auch die Lieferung der Glühlampen und der Bogenlampen nebft Einregulierung der letzteren zu übertragen und für das gute Arbeiten der Anlage, einfchliefslich Nachregulieren der Bogenlampen, fowie für alles Material u. f. w. eine mindeftens einjährige Garantie zu verlangen. Für Schäden an Wänden, Decken u. f. w. kommt der Inftallateur auf und erklärt fich auch damit einverftanden, dafs fie erforderlichenfalls nach dem Dafürhalten des Auftraggebers und nach feinen Anordnungen auf Koften des Inftallateurs ausgebeffert werden. Glaubt der Architekt Grund zu der bisweilen berechtigten Annahme zu haben, dafs gewiffe vom Inftallateur vorgefchlagene Mafsnahmen über das Erforderliche hinausgehen und die Anlage unnötig verteuern, fo fragt er am beften das Elektrizitätswerk, erforderlichenfalls einen Sachverftändigen.

Die Beachtung diefer Ratfchläge empfiehlt fich, wenn Anfchlagsüberfchreitungen und andere unangenehme Weiterungen vermieden werden follen, umfomehr, als gerade bei elektrifchen Anlagen der Auftraggeber die technifche Seite des Auftrages fehr oft nicht überfehen kann.

Die Herſtellung des Anſchluſſes von den Straſsenleitungen bis zur Hauptſicherung und die Wahl des Ortes für das Anbringen der Hauptſchalttafel und des Zählers behält ſich faſt immer das Elektrizitätswerk vor. Für Aufſtellung des Koſtenanſchlages muſs dieſer Ort bekannt ſein. Das Werk übernimmt aber in vielen Städten auch die betreffenden Koſten, wenn ihm die Rentabilität der anzuſchlieſsenden Anlage genügend geſichert erſcheint. Man ſuche natürlich dies zu erreichen. Anderenfalls fordere man ſelbſtverſtändlich auch vom Elektrizitätswerk einen Koſtenanſchlag. Den Elektrizitätszähler liefert wohl in allen Fällen das Werk und erhebt dafür je nach ſeiner Gröſse eine feſte Miete. Ueber die an die Zähler zu ſtellenden Anforderungen bezüglich der Richtigkeit ihrer Angaben beſteht ein Reichsgeſetz vom 1. Juni 1898 nebſt Erläuterungen und Ausführungsbeſtimmungen. Innerhalb des Rahmens dieſes Geſetzes vereinbaren die Elektrizitätswerke mit ihren Abnehmern meiſtens noch beſondere Beſtimmungen durch den Lieferungsvertrag.

114. Anſchluſs an die Straſsenleitungen.

Wird für eine elektriſche Verbrauchsanlage eine ſelbſtändige Betriebsanlage in Ausſicht genommen, ſo verfährt der leitende Architekt wohl am beſten folgendermaſsen. Er ſtellt den Lichtbedarf und unter Umſtänden den Kraftbedarf für Motoren nach Zahl und Gröſse der Lichtquellen und nach Zahl und Leiſtung der Motoren, ſowie nach der Betriebsdauer der Stromverbraucher, etwa ſo zuſammen, wie dies in Art. 79 (S. 68) geſchehen iſt, und ſchreibt die Lieferung unter möglichſt genauer Angabe aller Einzelbedingungen und unter Beachtung der vorſtehend gegebenen Regeln in beſchränkter Submiſſion unter guten Firmen mit der Bedingung aus, daſs die Ausführung der Anlage den »Verbandsvorſchriften« entſprechend erfolgen muſs. Dem Koſtenanſchlage hat die Firma eine Betriebskoſtenberechnung beizufügen. Die Beurteilung der eingehenden Entwürfe und Koſtenanſchläge, ſowie die Formulierung des Lieferungsvertrages übergibt er am ſicherſten einem Sachverſtändigen. Es iſt ſtets ſehr zu empfehlen, die Lieferung der geſamten Anlage nebſt Keſſeln, Gasgeneratoren, Antriebsmaſchinen, Dynamomaſchinen, Akkumulatoren, Schaltanlage und Leitungsanlage mit Lichtquellen und Motoren e i n e r Firma zu übergeben. Tut man dies nicht, ſo ſchiebt die Urſache etwaiger Mängel ſtets eine Firma auf die andere. Hier möge auch bezüglich vertraglicher Vereinbarung von Schiedsgerichten unter Ausſchluſs der ordentlichen Gerichte gröſste Vorſicht empfohlen ſein. Schiedsgerichte vereinfachen und beſchleunigen bei weitem nicht immer die Entſcheidung in Streitigkeiten. Unter keinen Umſtänden darf ein richterlich erfahrener Juriſt in den Schiedsgerichten fehlen.

115. Einrichtung einer eigenen Betriebsanlage.

Indem in Bezug auf Einzelfragen auf die »Verbandsvorſchriften« verwieſen werden mag, ſei im folgenden ein kurzer Ueberblick über die Regeln und die hauptſächlichen Ausführungsmöglichkeiten elektriſcher Beleuchtungsanlagen, ſoweit ſie an ein Elektrizitätswerk angeſchloſſen werden, gegeben.

116. Allgemeine Anordnung einer Lichtanlage.

Zunächſt dem Anſchluſs an die Straſsenleitungen befindet ſich im Gebäude die Hauptſchalttafel und der Elektrizitätszähler. Für alle Schalttafeln iſt als Material Marmor oder Schiefer zu empfehlen. Holzſchalttafeln ſind, auch da wo ſie zuläſſig ſind, ein ſchlechter Notbehelf. Von der Hauptſchalttafel zweigen die Hauptleitungen für die verſchiedenen Stockwerke und unter Umſtänden für Anlagen im Freien ab.

Jede abzweigende Leitung iſt durch S c h m e l z ſ i c h e r u n g e n, im allgemeinen doppelpolig, bei Gleichſtrom-Mehrleiterſyſtemen oder bei Drehſtrom, inſofern die Hausleitungen ebenfalls mit mehr als zwei Leitungen ausgeführt werden müſſen, in allen Leitungen gegen zu hohen Strom geſichert. Die Schmelzſicherungen beſtehen

117. Schmelzſicherungen, Ausſchalter und Schaltungen.

aus kurzen Einfätzen von Bleidraht, Bleiftreifen oder Silberdraht im Anfang der abzweigenden Leitungen und find nach Querfchnitt und Länge im allgemeinen fo bemeffen, dafs fie binnen kurzer Zeit abfchmelzen und die hinter ihnen liegende gefamte Leitung ftromlos machen, wenn deren Strom feinen normalen, den Leitungsquerfchnitten entfprechenden Wert wefentlich überfchreitet. Dies kann infolge mangelhafter Ifolation der Leitungen allmählich oder infolge unmittelbarer Berührung der in der Ifolation etwa gewaltfam befchädigten Hinleitung und Rückleitung plötzlich (Kurzfchlufs) gefchehen. Auch Fehler in den Faffungen der Glühlampen oder in den Regulierwerken und in den Anfchlüffen der Bogenlampen können zum Kurzfchlufs führen. Bei gewiffenhafter Befolgung der »Verbandsvorfchriften« und vernünftiger Behandlung einer Lichtanlage find Kurzfchlüffe mit nachfolgender Feuersgefahr fo gut wie ausgefchloffen. Ueberall, wo eine Verminderung des Querfchnittes der Leitungen eintritt, follen im allgemeinen Schmelzficherungen angebracht werden. Man vereinigt am beften fämtliche Schmelzficherungen der Ueberfichtlichkeit halber auf den Schalttafeln. Die Sicherungen find fo konftruiert, dafs fie nach dem Durchfchmelzen leicht erfetzt und der Gröfse nach nicht verwechfelt werden können.

Die Schalttafeln enthalten aufserdem für alle von ihnen abzweigenden Leitungen Ausfchalter, die gefchloffen den hinter ihnen liegenden Leitungen Spannung zuführen, geöffnet fie fpannungslos machen.

Von der Hauptfchalttafel führen, wie oben fchon gefagt, zu den Verteilungsfchalttafeln in jedem Stockwerk u. f. w. geficherte und ausfchaltbare Hauptleitungen, und von den Verteilungsfchalttafeln führen zu den Lichtquellen ebenfalls geficherte und ausfchaltbare Leitungen, die man an der Verteilungsfchalttafel zu Gruppen zu vereinigen pflegt. Aufserdem können die einzelnen Lichtquellen oder ihre Untergruppen befondere mehrpolige oder auch einpolige Ausfchalter nach Bedarf erhalten, die nicht auf der Schalttafel, fondern aufsen oder innen nahe dem Eingang der Zimmer oder an für die Bedienung der Beleuchtung fonft bequemen Orten liegen. Infofern nicht unmittelbar zu fehen ift, zu welchen Gruppen oder einzelnen Lichtquellen Sicherungen und Schalter gehören, erhalten fie leichtverftändliche Auffchriften. Dafs man von einem Schalter aus z. B. die Glühlampen eines Kronleuchters gruppenweife einfchalten und daher nach Bedarf mehr oder weniger davon brennen kann, dafs man diefelbe Lampe von verfchiedenen Punkten, z. B. in Schlafzimmern von der Tür und vom Bett aus, fchaltbar machen kann, dafs verfetzbare Glühlampen, fog. Standlampen, im Handel find, die durch Leitungsfchnüre von Steckkontakten aus betätigt werden, dürfte ebenfo wie viele andere Bequemlichkeiten der elektrifchen Beleuchtung aus der täglichen Praxis, z. B. in Gafthöfen, hinreichend bekannt fein. Auch kleine Modelle von Bogenlampen können z. B. für photographifche Kopierzwecke beweglich eingerichtet werden.

Bezüglich des Verlegens und Ifolationsart der Leitungen unterfcheiden die »Verbandsvorfchriften« zwifchen »Niederfpannungsanlagen« und »Hochfpannungsanlagen«. Für Lichtanlagen kommt wohl ausfchliefslich Niederfpannung in Frage, die dadurch gekennzeichnet ift, dafs bei ihr »die Gebrauchsfpannung zwifchen irgend einer Leitung und der Erde 250 *Volt* nicht überfchreiten kann«. Nur auf fie ift im folgenden Rückficht genommen.

118.
Gefahr für Perfonen.

Bei diefer Gelegenheit mögen einige kurze Bemerkungen über die Gefahr eingefchaltet werden, die für Menfchen befteht, wenn fie mit fpannungführender Leitung in Berührung kommen. Gefährlich ift nicht die Spannung, fondern der

Strom. Ein von der Erde gut ifolierter Menfch darf felbft Hochfpannungsleitung mit einem Punkte feines Körpers berühren; denn dann kann kein Strom zu ftande kommen.

Wenn aber ein Strom von rund 0,1 *Ampere* den menfchlichen Körper auf einem Wege durchfliefst, auf dem zentrale Organe getroffen werden können, fo ruft er faft immer fofort Lähmungserfcheinungen hervor, die zum Tode führen, falls nicht augenblicklich ausgiebige, erforderlichenfalls ftundenlang fortzufetzende Wiederbelebungsverfuche — künftliche Atmung u. f. w. — angeftellt werden, die übrigens gerade bei diefer Art von Unglücksfällen befonders grofse Ausficht auf Erfolg haben. Erfolgen Eintritt und Austritt des Stromes auf verhältnismäfsig kleinen Körperflächen, fo erfolgen im allgemeinen intenfive und tiefgehende Verbrennungen, die aber bei antifeptifcher Behandlung meiftens gutartig heilen. Der normale Widerftand des menfchlichen Körpers beträgt um 10000 *Ohm* herum und liegt hauptfächlich in der Oberhaut. Bei normal trockener Oberhaut find demnach $0{,}1 \times 10000 = 1000$ *Volt* unbedingt lebensgefährlich. Für Perfonen, welche infolge Tranfpiration oder durch Arbeiten mit geeigneten Chemikalien, in naffen Räumen u. f. w., dauernd ftark erweichte, beffer leitende Oberhaut haben, können fchon geringer Spannungen, fogar herab bis zu 100 *Volt*, gefährlich werden. Die »Verbandsvorfchriften« gehen daher von dem Grundfatz aus, alle leitenden Teile elektrifcher Anlagen, foweit fie in Reichhöhe liegen, fo mit Ifolierftoffen zu bekleiden, dafs fie nicht berührt werden können. Auch alle Schaltvorrichtungen, Sicherungen u. f. w. unterliegen der gleichen Vorfchrift, wenn fie der Bedienung durch Laien zugänglich find.

119. Leitungen und ihr Verlegen.

Folgende Vorfchriften über Leitungen aus Kupfer, ihre Verlegungsart und die zuläffigen Stromftärken mögen zum erften Anhalt dienen.

Blanke Leitungen find im allgemeinen nur im Freien bis zu einem Mindeftquerfchnitt von 6 qmm zuläffig und auch da nur an Orten, die nicht ohne befondere Hilfsmittel erreicht werden können. Sie dürfen nur auf Porzellanglocken, Rillenifolatoren und dergl. verlegt und mit Stromftärken belaftet werden, die ihre Feftigkeit infolge Erwärmung nicht merklich verringern. Wenn Wände, Bäume u. f. w. für die Befeftigung der Ifolierglocken nicht vorhanden find, fo find felbftverftändlich eiferne Rohrmafte den vergänglichen Holzmaften bedeutend vorzuziehen, aber auch teuerer.

Ifolierte Leitungen find bis 1 qmm, an und in Beleuchtungskörpern bis zu 0,75 qmm abwärts zuläffig und dürfen bis zu 6 qmm mit einer Stromdichte bis zu $5 \frac{Ampere}{qmm}$ belaftet werden, die bei gröfseren Querfchnitten bis zu 25 qmm auf $3 \frac{Ampere}{qmm}$, bis zu 50 qmm auf $2 \frac{Ampere}{qmm}$, bis zu 185 qmm auf $1{,}5 \frac{Ampere}{qmm}$, bis zu 1000 qmm auf $1 \frac{Ampere}{qmm}$ finkt.

Bezüglich der Ifolationsart unterfcheiden die »Verbandsvorfchriften« in erfter Linie folgendermafsen: Eindrähtige Gummibandleitungen dürfen nur feft und über Putz und nur in trockenen Räumen bei Spannungen bis zu 125 *Volt* verlegt werden.

Eindrähtige Gummiaderleitungen find für alle Spannungen, auch für naffe Räume, zur feften Verlegung geeignet, unter Putz nur in Rohren.

Mehrdrähtige Gummiaderfchnüre finden zur feften Verlegung auch in naffen Räumen für jede Spannung und für verfetzbare Lampen Verwendung.

Blanke und afphaltierte Bleikabel werden gelegentlich in Kellerräumen und befonders in abgedeckten, zugänglichen Kabelkanälen verlegt.

In der Erde find nur eifenarmierte afphaltierte Bleikabel zuläffig.

Feftverlegte Leitungen müffen durch ihre Lage oder durch befondere Verkleidung gegen mechanifche Befchädigung gefchützt fein. Für Decken- und Wanddurchgänge beftehen befondere Vorfchriften. Als Ifolier- und Befeftigungskörper für ifolierte Leitungen find Holzleiften und Krampen allgemein unzuläffig. Zuläffig find Ifolierglocken, -Rollen, -Ringe, -Klemmen aus Porzellan, Glas und bezüglich der Ifolationsfähigkeit gleichwertigem Material. Der Abftand der Befeftigungsftellen einer Leitung auf Rollen ift auf 80 cm feftgefetzt. An Decken find gröfsere Abftände zugelaffen. Gummiaderleitungen dürfen in Rohren über und unter Putz verlegt werden. Die Anzahl und die Halbmeffer der Rohrkrümmungen, fowie die lichte Weite der Rohre foll aber bei Leitungen unter 16 qmm fo gewählt fein, dafs man die Leitungen in das fertig verlegte Rohrfyftem einziehen und wieder daraus entfernen kann. Rohre aus Papiermaffe müffen mit einem Metallüberzuge verfehen fein.

Am billigften ift das Verlegen der Leitungen auf Rollen, am teuerften diejenige in Rohren. Bei Neubauten wird man das Verlegen der Rohre unter Putz felbftverftändlich vor der Dekoration der Räume erledigen. Nachträglich verlegt man in Gefchäftsräumen am billigften auf Rollen. Gefchickt angebracht, fallen die fo verlegten Leitungen wenig auf. Das Einftemmen und Eingipfen der Rollendübel befchädigt natürlich die Wände und kann nicht ohne Störung und Verunreinigung der Räume vor fich gehen.

In Wohnräumen, die in Benutzung find, ift das Verlegen in Rohren über Putz mit verhältnismäfsig wenig Störungen und Befchädigungen möglich. Das Verlegen von Gummiaderfchnüren in Glasringen nach dem *Pifchel*'fchen Syftem ift hier befonders zu empfehlen, da die Anlage fehr fchnell, mit am wenigften Störungen der Raumbenutzung und faft ohne Befchädigung der Dekoration erfolgen kann. Die Leitungen und die Ringe nebft Haken können in der Farbe jeder Dekoration genügend angepafst werden.

Bezüglich des Verlegens der Leitungen in Betriebsräumen, in feuchten Räumen, in durchtränkten Räumen, welche den Körperwiderftand der darin arbeitenden Perfonen herabfetzen, in Räumen, welche durch Auftreten ätzender Gafe die Leitungen gefährden, in explofions- und feuergefährlichen Betriebsräumen und Lagerftätten, in Schaufenftern, Warenhäufern, Theatern u. f. w. mufs auf die »Verbandsvorfchriften« verwiefen werden.

120. Koften.

Die Koften der Einrichtung einer elektrifchen Beleuchtungsanlage und noch weit mehr diejenigen einer Betriebsanlage find von den befonderen Nebenumftänden derart abhängig, dafs es unmöglich ift, für ihre zuverläffige Bemeffung in kurzen Zügen auch nur einen näherungsweifen Anhalt durch Mitteilung von Einzelpreifen zu geben. Es ift daher zwecklos, hier eine Anzahl von Einzelpreifen zu nennen. Allein die Teuerungszufchläge, welche die Firmen bei günftiger Lage der Induftrie zu erheben pflegen, können in den Preifen 20 bis 30 Vomhundert Unterfchied ausmachen. In befchränkter Submiffion eingeforderte Preife guter Firmen führen ja rafch und einfach zum Ziele.

Zum allererften Anhalt möge folgendes dienen.

Anlagekoften beim Anfchlufs an eine Zentrale. Bogenlampen der üblichen Stromftärken in einfacher Ausftattung einfchliefslich allen Zubehörs, auch des Vorfchaltwiderftandes und

der verlegten Leitungen für mittlere Abſtände von der Schalttafel, koſten für die Lampe fertig montiert und an eine Zentrale angeſchloſſen:

Bogenlampen mit reinen Kohlen für Innenräume	70 bis 100	Mark
» » » » im Freien	90 bis 120	»
Flammenbogenlampen im Freien	120 bis 160	»

Glühlampen-Inſtallationen einfacher Ausſtattung ohne die Lampen ſelbſt, mit einfachſter Ausſtattung der Beleuchtungskörper, bei den in Gebäuden üblichen Leitungslängen und bei einem Verbrauch von 50 *Watt* für die Lampe koſten fertig montiert einſchlieſslich allen Zubehörs bei einfachen Schaltungen und beim Anſchluſs an eine Zentrale:

für die Lampe	11 bis 16	Mark
bei beſſerer Ausſtattung	14 bis 20	»
bei eleganter Ausſtattung	20 bis 30	»

Bei vollſtändiger eigener Betriebsanlage ſtellen ſich die geſamten Anlagekoſten für die Glühlampe von 50 *Watt* — jede Bogenlampe werde 7 bis 8 Glühlampen gleichgerechnet — bei Anlagen von 10 bis 50 *Kilowatt* auf etwa 100 bis 60 Mark.

Je gröſser die Dichtigkeit der Lichtquellen für die beleuchtete Fläche iſt, umſo billiger wird die Anlage. Dies gilt beim Anſchluſs an eine Zentrale in weit höherem Grade als bei eigener Anlage.

Die Betriebskoſten einſchlieſslich Bedienung und Verzinſung, Tilgung und Abſchreibung des Anlagekapitals betragen etwa für jede Glühlampe von 50 *Watt* oder deren Aequivalent in Bogenlampen beim Anſchluſs kleinerer Anlagen an eine Zentrale, welche die *Kilowatt*-Stunde zu 50 Pfennigen verkauft und Rabatte für groſsen Verbrauch gibt, 2,7 bis 3,3 Pfennige, bei eigener Betriebseinrichtung für gröſsere Anlagen 1,3 bis 2,5 Pfennige.

Je gröſser die durchſchnittliche jährliche Benutzungsdauer der Anlage iſt, um ſo geringer werden die geſamten Betriebskoſten für je 50 *Watt*. Es ſind aber noch eine ganze Anzahl anderer Umſtände, von denen die Betriebskoſten abhängen. Bei eigener Anlage ſpielt insbeſondere die Gewiſſenhaftigkeit des Betriebsperſonals in dieſer Hinſicht eine ausſchlaggebende Rolle.

Literatur.

Bücher und Zeitſchriften über »Elektriſche Beleuchtung«.

FONTAINE, H. *Éclairage à l'électricité.* Paris 1877. — 2. Aufl. 1879. — Deutſch bearbeitet von F. ROSS. 2. Aufl. Wien 1880.

FERRINI, R. Technologie der Elektricität und des Magnetismus. Deutſch von M. SCHRÖTER. Jena 1878. S. 414.

KILLINGWORTH HEDGES. *Uſeful information on practical electric lighting.* London u. New York 1879.

HIGGS, P. *The electric light in its practical application.* London 1879.

HEPWORTH, T. C. *The electric light: its paſt hiſtory and preſent poſition.* London 1879.

SHOOLBRED, J. N. *Electric lighting and its practical application.* London 1879.

SCHELLEN, H. Die magnet- und dynamo-elektriſchen Maſchinen, ihre Entwickelung, Conſtruction und praktiſche Anwendung. Köln 1879.

SCHELLEN, H. Die neueſten Fortſchritte auf dem Gebiete der elektriſchen Beleuchtung und der Kraftübertragung. Köln 1880.

BERNSTEIN, A. Die elektriſche Beleuchtung. Berlin 1880.

URQUHARD, J. W. *Electric light: its production and uſe etc.* London 1880. — 5. Aufl. 1892.

HOSPITALIER, E. *Les principales applications de l'électricité.* Paris 1881.

CROMPTON, R. E. *The electric light for induſtrial uſes.* London 1880. — Deutſch von F. UPPENBORN. München 1881.

ARMENGAUD. *Manuel de l'éclairage électrique etc.* Paris 1881.

ALGLAVE, E. & J. BOULARD. *La lumière électrique etc.* Paris 1882.

ROUTLEDGE, R. *Electric lighting.* London 1882.

MERLING, A. Elektrotechniſche Bibliothek. Bd. 1: Die elektriſche Beleuchtung etc. Braunſchweig 1882. — 2. Aufl. 1884.

BEHREND, G. Das electriſche Licht. Halle 1883.

ZACHARIAS, J. Die elektrifchen Leitungen und ihre Anlage für alle Zwecke der Praxis. Wien 1883.

UHLAND, W. H. Handbuch für den praktifchen Mafchinen-Conftructeur. Leipzig 1883. Band II: S. 103; Band III: S. 461.

UHLAND, W. H. Das elektrifche Licht und die elektrifche Beleuchtung. Leipzig 1883.

KRÜSS, H. Die elektrifche Beleuchtung in hygienifcher Beziehung etc. Hamburg 1883.

URBANITZKY, A. Die elektrifchen Beleuchtungs-Anlagen mit befonderer Berückfichtigung ihrer praktifchen Ausführung. Wien 1883. — 2. Aufl. 1890.

Elektrotechnifche Bibliothek. Bd. 3: Das elektrifche Licht und die hierzu angewendeten Lampen, Kohlen und Beleuchtungskörper. Von A. v. URBANITZKY. Wien 1883. — 3. Aufl. 1890.

GRAETZ, L. Die Elektricität und ihre Anwendungen zur Beleuchtung etc. Stuttgart 1883. — 12. Aufl. 1906.

HOLMES, A. B. *Practical electric lighting.* London 1883. — 3. Aufl. 1887.

VIVAREZ, H. *Notions générales fur l'éclairage électrique.* Paris 1884. — 2. Aufl. 1886.

GORDON, J. E. H. *A practical treatife on electric lighting.* London 1884.

HAMMOND, R. *The electric light in our homes.* London 1884.

SWINTON, A. A. C. *The principles and practice of electric lighting.* London 1884.

Elektro-technifche Bibliothek. Bd. 27: Das Glühlicht, fein Wefen und feine Erforderniffe. Von E. DE FODOR. Wien 1885.

HAGEN, E. Die elektrifche Beleuchtung etc. Berlin 1885.

JUPPONT, P. & W. HAMMOND. *L'éclairage électrique dans les appartements.* Paris 1886.

MAISONNEUVE, S. *La lumière électrique et fes applications.* Paris 1886.

MAIER, J. *Arc and glow lamps: a practical treatife on electric lighting.* London 1886.

SWINTON, A. A. C. *The elementary principles of electric lighting.* London 1886. — 2. Aufl. 1889.

SCHILLING. Ueber den gegenwärtigen Stand der elektrifchen Beleuchtung. München 1888.

MAY, O. Anweifung für den elektrifchen Lichtbetrieb etc. Frankfurt a. M. 1888.

SALOMONS, D. *Management of accumulators and private light inftallations.* London 1888. — 6. Aufl. 1891.

WETTER, B. VAN. *Les applications de la lumière électrique.* Paris 1888.

LEFEVRE, J. *L'électricité à la maifon.* Paris 1889.

GRÜNWALD, F. Der Bau, Betrieb und die Reparaturen der elektrifchen Beleuchtungsanlagen. 2. Aufl. Halle 1889. — 5. Aufl. 1895.

MONTILLOT, L. *La lumière électrique etc.* Paris 1889.

WAGNER, C. Das elektrifche Glühlicht, fein Wefen und fein Betrieb durch Batterieftrom. Berlin 1890.

Elektro-technifche Bibliothek. Bd. 42: Die Glühlampe. Von J. ZACHARIAS. Wien 1890.

ANNEY, J. P. *Manuel pratique de l'inftallation de la lumière électrique. Inftallations privées.* Paris 1890.

FONTAINE, H. *Expofition univerfelle de 1889. Éclairage électrique etc.* Paris 1890.

COUTURE, J. *L'éclairage électrique etc.* 2. Aufl. Paris 1890.

MONTPELLIER, J. A. & G. FOURNIER. *Les inftallations de l'éclairage électrique etc.* Paris 1890.

URQUHARD, J. W. *Electric light fitting etc.* London 1890.

MOLLOY, G. *Notes on electric lighting.* Dublin 1890.

SLINGO, W. & A. BROOKER. *Electrical engineering for electric light etc.* London 1890.

WALKER, S. F. *Electricity in our homes and workfhops.* New York 1890.

PECHAN, J. Leitfaden der Elektromafchinentechnik mit befonderer Berückfichtigung der elektrifchen Beleuchtung etc. Reichenberg 1891.

ANNEY, J. P. *Manuel pratique de l'inftallation de la lumière électrique.* Paris 1891.

GRÜNWALD, F. Der Bau, Betrieb und die Reparaturen der elektrifchen Beleuchtungsanlagen etc. Halle 1892.

HAASE, F. H. Elektrifche Beleuchtungs-Einrichtungen etc. Berlin 1892.

ENGELARD. *L'éclairage électrique etc.* Paris 1892.

JUPPONT, P. & G. FOURNIER. *L'éclairage électrique dans les appartements.* 4. Aufl. Paris 1892.

HOLMES, A. B. *The electric light.* 6. Aufl. London 1892.

MERILL, E. A. *Electric lighting fpecifications for the ufe of engineers and architects.* New York 1892.

BOTTONE, S. *A guide to electric lighting.* London 1892.

Laqueuille, H. B. de. *Petit manuel d'inſtallation de la lumière électrique. L'éclairage électrique chez ſoi.* Paris 1892.
Allsop, F. C. *Practical electric light fitting.* London 1892.
Maycock, W. F. *Electric lighting and power diſtribution.* London 1892—93.
Bohnenstengel, E. Konſtruktionen elektriſcher Bogenlampen. Hamburg 1893.
Montillot, C.-J. & L. *La maiſon électrique etc.* Paris 1893.
Houel, P. *Éclairage d'ateliers par l'électricité.* Paris 1893.
Cahen, E. *Manuel pratique d'éclairage électrique pour inſtallations particulièrs etc.* Paris 1893.
Fahle, A. *Houſe lighting by electricity.* London 1893.
Averdieck. Die Hausinſtallation unter Berückſichtigung des Syſtems »Bergmann« etc. Leipzig 1894.
Anney, J. P. *La lumière électrique et les applications domeſtiques etc.* Paris 1895.
Knight, J. H. *Electric light for county houſes etc.* London 1895.
Weber, C. L. Erläuterung zu den Sicherheits-Vorſchriften des Verbandes deutſcher Elektrotechniker. Berlin 1896.
Hilfsbuch für die Montage elektriſcher Leitungen zu Beleuchtungszwecken. Leipzig 1896.
Heim, C. Die Einrichtung elektriſcher Beleuchtungsanlagen für Gleichſtrombetrieb. 2. Aufl. Leipzig 1896. — 4. Aufl. 1903.
Peschel, A. Hilfsbuch für die Montage elektriſcher Leitungen zu Beleuchtungszwecken. Leipzig 1896.
Der ſtädtiſche Tiefbau. Bd. V: Die Verſorgung der Städte mit Elektricität. Darmſtadt 1896 u. 1903.
Riha, J. Die Aufſtellung von Projekten und Koſtenvoranſchlägen für elektriſche Beleuchtungs- und Kraftübertragungs-Anlagen. Leipzig 1897.
Crocker, F. B. *Electric lighting etc.* New York 1897.
Herzog, J. & C. P. Feldmann. Handbuch der elektriſchen Beleuchtung. München 1898.
Fischer, L. Elektriſche Licht- und Kraft-Anlagen. Wiesbaden 1898.
Herzog, J. & C. P. Feldmann. Handbuch der elektriſchen Beleuchtung. München 1898. — 2. Aufl. 1901.
Sicherheitsvorſchriften für elektriſche Starkſtrom-Anlagen. Verband deutſcher Elektrotechniker. Berlin u. München 1898.
Teichmüller, J. Die elektriſchen Leitungen. Stuttgart 1899.
Laqueuille, H. B. de. *L'éclairage électrique chez ſoi etc.* Paris 1900.
Gaisberg, S. v. Herſtellung und Inſtandhaltung elektriſcher Licht- und Kraftanlagen. Berlin 1900. — 2. Aufl. 1904.
Mittelmann, S. Elektriſche Licht- und Kraftanlagen etc. Halle 1901.
Teichmüller, J. Sammlung von Aufgaben zur Uebung im Entwerfen und Berechnen elektriſcher Leitungen. 2. Aufl. Leipzig 1902.
Baur, C. Das elektriſche Kabel. Berlin 1903.
Zellner, J. Die künſtlichen Kohlen für elektrotechniſche und elektrochemiſche Zwecke etc. Berlin 1903.
Boy de la Tour, H. *Traité pratique des inſtallations d'éclairage électrique etc.* Paris 1903.
Kirstein, O. Elektriſche Hausanlagen, ihr Weſen und ihre Behandlung. Berlin 1904.
Handbuch der Elektrotechnik. Bd. I: Die Leitungen, Schalt- und Sicherheitsapparate für elektriſche Starkſtromanlagen. Leipzig 1904.
Monasch, B. Der elektriſche Lichtbogen bei Gleichſtrom und Wechſelſtrom etc. Berlin 1904.
Biščan, W. Die Bogenlampe etc. Leipzig 1904. — 2. Aufl. 1905.
Spyri, H. Leitfaden für die Abfaſſung von Projekten über elektriſche Licht-, Kraft- und Bahnanlagen. Zürich 1905.
Schmidt, J. Die Konſtruktion von Starkſtromkabeln. Zürich 1905.
Bing, J. Der elektriſche Lichtbogen. Zürich 1905.
Wedding, W. Ueber den Wirkungsgrad und die praktiſche Bedeutung der gebräuchlichſten Lichtquellen. München 1905.
Elektrotechnik in Einzeldarſtellungen. Bd. VI: Die elektriſchen Bogenlampen etc. Von J. Zeidler. Braunſchweig 1905. — Bd. VIII: Lichtſtrahlung und Beleuchtung. Von P. Högner. Braunſchweig 1906.
Beck, W. Die Elektrizität und ihre Technik etc. Leipzig 1906.
Repetitorium der Elektrotechnik. Bd. VIII: Elektriſche Beleuchtung. Von B. Monasch. Hannover 1906.

LACHMANN, M. Hausinſtallationen für Schwach- und Starkſtrom. Telegraphie, Telephonie und Beleuchtung. Leipzig 1906.

Ferner:

Journal für Gasbeleuchtung und verwandte Beleuchtungsarten ſowie für Waſſerverſorgung. Herausg. von H. BUNTE. München. Erſcheint ſeit 1858.

Journal of the ſociety of telegraph-engineers and electricians. Herausg. von W. E. AYRTON. New York 1871—84.

The telegraphic journal and electrical review. London. Erſcheint ſeit 1873.

The electrician. London. Erſcheint ſeit 1878.

Zeitſchrift für angewandte Elektricitätslehre. Herausg. von PH. CARL. München u. Leipzig. 1879—82.

La lumière électrique. Red. von C. HERZ. Paris 1879—94. — Fortſetzung: *Éclairage électrique.* Herausg. von CH. COINTE. Paris. Erſcheint ſeit 1894.

Elektrotechniſche Zeitſchrift. (Centralblatt für Elektrotechnik.) Red. von E. C. ZEHME. Berlin. Erſcheint ſeit 1880.

L'électricien. Red. von J.-A. MONTPELLIER. Paris. Erſcheint ſeit 1881.

Der Elektrotechniker. Herausg. von G. A. UNGAR-SCENTMIKLÓSY. Wien. Erſcheint ſeit 1882.

Elektrotechnik und Maſchinenbau. Red. von J. SEIDENER. Wien. Erſcheint ſeit 1882.

The electrical engineer. Red. von F. L. POPE & G. M. PHELPS. New York 1882—98.

Centralblatt für Elektrotechnik. Red. von UPPENBORN. München 1879—89.

Zeitſchrift für Elektrotechnik. Red. von J. KAREIS. Wien. Erſcheint ſeit 1883.

Elektrotechniſcher Anzeiger. Herausg. von F. A. GÜNTHER & SOHN. Berlin. Erſcheint ſeit 1883.

Elektrotechniſche und polytechniſche Rundſchau. Red. von R. BAUCH. Potsdam. Erſcheint ſeit 1883.

Revue internationale de l'électricité et de ſes applications. Red. von J.-A. MONTPELLIER. Paris 1884—90.

The electrical engineer. Vereinigt mit: *Electric light.* London. Erſcheint ſeit 1885.

Electrical world. New York. Erſcheint ſeit 1885.

Electrical reviews. London. Erſcheint ſeit 1887.

Die Elektrizität. Red. von O. KIRSTEIN. Berlin. Erſcheint ſeit 1891.

L'induſtrie électrique. Red. von L. HOSPITALIER. Paris. Erſcheint ſeit 1892.

Centralblatt für Accumulatoren-Technik und verwandte Gebiete. Herausg. von F. PETERS. Görlitz. Erſcheint ſeit 1900.

Schweizeriſche Elektrotechniſche Zeitſchrift. Red. von S. HERZOG. Zürich. Erſcheint ſeit 1904.

---

6. Kapitel.

Indirekte Beleuchtung.

Von Dr. phil. u. Dr.-Ing. EDUARD SCHMITT.

a) Allgemeines.

121. Miſsſtände der Gasbeleuchtung.

Was in den beiden vorhergehenden Kapiteln über künſtliche Beleuchtung geſchloſſener Räume und die zugehörigen Beleuchtungseinrichtungen geſagt iſt, bezieht ſich faſt ausſchlieſslich auf die unmittelbare oder direkte Erhellung unſerer Innenräume (ſiehe Art. 27, S. 31). Faſst man das bereits in Kap. 3, ebenſo in Kap. 4 u. 5 über dieſe Art der künſtlichen Beleuchtung Geſagte überſichtlicher, als ſeither geſchehen iſt, zuſammen und berückſichtigt man noch einige andere in Frage kommende Momente, ſo ergeben ſich die nachſtehenden Erwägungen.

Vergleicht man die in Kap. 4 erörterte Art der Gasbeleuchtung und manche andere künſtliche Beleuchtungsweiſe mit derjenigen Erhellung, welche in geſchloſſenen Räumen durch Sonnenlicht — ſei es mittels ſeitlich angeordneter Fenſter, ſei es

mittels Deckenlicht — hervorgebracht wird, fo zeigen fich die nachftehenden Mifsftände.

122. Ungleichmäfsige Verteilung des Lichtes.

1) Die grofse Entfernung der Sonne von der Erde bewirkt eine gleichmäfsig verteilte Tageshelligkeit auf der Erde auf weite Flächen hin. Die übliche Gasbeleuchtung erreicht nicht annähernd diefe Gleichmäfsigkeit der Lichtverteilung. Da man künftliche Lichtquellen nicht aus weiter Ferne auf unfere Arbeitsflächen wirken laffen kann, fo entftehen fchon in befchränkten Raumgrenzen beträchtliche Unterfchiede im Helligkeitsgrad. Selbft wenn man in dem zu erhellenden Raume mehrere Lichtquellen anordnet, fo erreicht man niemals die Gleichmäfsigkeit einer guten Erhellung mittels Sonnenlichtes.

Immerhin ift feftzuhalten, dafs die Ungleichmäfsigkeit umfo geringer fein wird, eine je gröfsere Zahl von zweckmäfsig verteilten Gasflammen und je höher man fie anordnet; allerdings wachfen hierbei die Anlage- und namentlich die Betriebskoften der Beleuchtungsanlage.

123. Blenden der Flammen.

2) Da die Lichtquellen bei der vorgeführten Art der künftlichen Erhellung nicht verdeckt, fondern von unten her unmittelbar fichtbar find, fo werden faft bei jedem Höherblicken die Augen geblendet. Ift der Raum genügend hoch und find die Gasbrenner auch in gröfserer Höhe angebracht, fo wird diefer Mifsftand nicht zu ftark empfunden werden; allein alsdann wird entweder die Erhellung der verfchiedenen Arbeits- u. f. w.-Plätze keine ausreichende fein, oder man mufs, um den erforderlichen Helligkeitsgrad zu erzielen, ftärker leuchtende Brenner in Anwendung bringen, fo dafs gröfsere Betriebskoften entftehen.

Wenn man zur Vermeidung diefes Nachteiles die Deckenlampen in geringerer Höhe (etwa 2,00 m über dem Fufsboden) anbringt, fo ift ein Teil der den Raum benutzenden Perfonen gezwungen, nach diefer oder jener Stelle des Raumes durch einige Lichter hindurch zu fehen. Die hierbei in das Auge gelangenden Lichtftrahlen erzeugen dort nach *Renk* [79]) Nachbilder, welche umfo ftörender wirken, je länger die Lichter gefehen wurden; das Auge wird beim nachfolgenden Sehen in die Nähe, infolge der Störung durch die Nachbilder, zur Ueberanftrengung genötigt; es fchmerzt, wenn es oft und anhaltend gezwungen wird, direkte Strahlen künftlicher Lichtquellen aufzunehmen.

Gasglühlichtlampen blenden wefentlich ftärker als *Argand*-Brenner; nach *Renk*'s Anficht [80]) ift der Glanz der erfteren etwa 4mal fo grofs wie jener der letzteren. Daher ift bei Gasglühlicht noch weit mehr als bei *Argand*-Brennern geboten, das Auge geeignet zu fchützen; dies kann durch Augenfchützer aus mattiertem Glas gefchehen, welche das Licht diffus machen.

In Schulzimmern, Hörfälen und dergl. wirken befonders blendend die Lichter an der Wandtafel und über dem Pult des Lehrers, bezw. des Vortragenden, ebenfo die ziemlich zahlreichen Flammen über dem etwa vorhandenen Demonftrations-, bezw. Experimentiertifch. Sowie man nun bei guter Tageserhellung nicht die Sonne felbft, fondern nur ihr Licht empfinden will, will man auch bei der künftlichen Erhellung nicht die Lichtquelle, fondern nur ihre Wirkung wahrnehmen. Daraus folgt, dafs man die Lichtquellen zu verdecken haben wird.

Bei den Beleuchtungskörpern, welche die Sitzplätze der Schulkinder, bezw. der Zuhörer zu erhellen haben, wird ein derartiges Verdecken nur felten durchgeführt: einerfeits, weil es auf praktifche Schwierigkeiten ftöfst, andererfeits, weil

[79]) Siehe: Renk, F. Ueber die künftliche Beleuchtung von Hörfälen. Preisverkündigungs-Programm der Univerfität Halle a. S. 1892. S. 18.

[80]) Siehe: Renk, F. Die neue Beleuchtung der Univerfitäts-Auditorien in Halle a. S. Berlin 1894. S. 13.

dadurch entweder der Helligkeitsgrad vermindert wird oder die Betriebskoften erhöht werden. Beides ift jedoch, foweit es fich um die Kinder, bezw. die Zuhörer handelt, bei denjenigen Lichtquellen nicht der Fall, die den Platz des Lehrers, des Vortragenden u. f. w., feine Wandtafel, feinen Experimentiertifch u. f. w. erhellen. Deshalb werden, wie fchon gefagt worden ift, die betreffenden Flammen nach der Raumfeite durch Schirme u. f. w. abgeblendet, welche das Licht zugleich gegen die Wandtafel und auf den Tifch zurückwerfen. Noch vollkommener wird dies durch die den Theatern nachgeahmte Einrichtung erzielt, welche zuerft *Landolt* im chemifchen Hörfaal der Technifchen Hochfchule zu Aachen getroffen hat. Zuhörer- und Experimentierabteilung werden hiernach durch eine von der Decke des Saales herabhängende Wand gefchieden; die Unterkante der letzteren reicht fo weit herab, als die Sichtbarkeit der Vorgänge in der Experimentierabteilung dies geftattet; die Beleuchtungsflammen für den Experimentiertifch, für die Wandtafel u. f. w. find durch die gedachte Wand gegen die Zuhörerabteilung gedeckt.

Ob nun diefe Lichtquellen in der einen oder der anderen Weife für die den Raum Benutzenden verdeckt werden, fo bleiben fie für den Lehrer, den Vortragenden u. f. w. doch fichtbar, und für ihn find, da ihre Zahl in der Regel eine ziemlich grofse ift, die Blenderfcheinungen in beträchtlichem Grade vorhanden.

124. Schlagfchatten.

3) Die gleichmäfsige Verteilung des zerftreuten Sonnenlichtes bringt es mit fich, dafs in ausreichend erhellten Räumen nur wenige ftörende Schlagfchatten entftehen. Aehnliches bei der Erhellung mittels Leuchtgas zu erzielen, ift bei der üblichen Anwendung diefes Beleuchtungsmittels bisher nicht gelungen, auch dann nicht, wenn man eine gröfsere Zahl von Flammen anwendet. Selbft bei zweckmäfsiger Anordnung der letzteren und bei genügendem Helligkeitsgrad auf den verfchiedenen Arbeitsplätzen entftehen ftörende Schlagfchatten, fei es vom Kopf des Arbeitenden, fei es von feiner Hand, fei es vom Vordermann u. f. w. So kann es gefchehen, dafs mancher Arbeitsplatz, der eine ausreichende Lichtmenge erhält, den erforderlichen Helligkeitsgrad nicht befitzt.

Erismann und *Boubnoff* haben bei den noch fpäter (in Art. 132) zu erwähnenden photometrifchen Meffungen nachgewiefen, dafs in einem beftimmten Schulzimmer bei direkter Beleuchtung ohne Schatten auf dem weifsen Schreibhefte ein Helligkeitsgrad von $8{,}3$ Meterkerzen vorhanden war, dafs fie indes durch den Schlagfchatten des Kopfes auf $4{,}6$, im Halbfchatten der fchreibenden Hand auf $2{,}6$ und im vollen Schatten der letzteren auf $1{,}5$ Meterkerzen herabgemindert wurde [81]).

Pelzer's unmittelbare Meffungen über die Gröfse des Helligkeitsverluftes durch fchattenwerfende Körper haben ergeben, dafs je nach der Lage eines Platzes 10, 20, 30, 40, 50 und mehr Vomhundert der urfprünglichen Helligkeit verloren gehen können [82]).

125. Wärmeausftrahlung.

4) Alle Gasflammen erwärmen den Raum, in welchem fie brennen, in beträchtlichem Mafse, fo dafs in ftark befetzten Räumen nach verhältnismäfsig kurzer Zeit eine hohe, bisweilen geradezu unerträgliche Temperatur entfteht. Nur durch kräftig wirkende Lüftungseinrichtungen kann man diefem Mifsftande in ausgiebigem Mafse entgegenarbeiten.

Faft noch mifslicher als diefe allgemeine Raumerwärmung ift die unmittelbare Wärmeftrahlung für diejenigen Perfonen, welche unter den Beleuchtungskörpern fitzen und deren Köpfe davon in empfindlicher Weife getroffen werden.

[81]) Siehe: Zeitfchr. f. Schulgefundheitspfl. 1888, S. 366.

[82]) Siehe: Pelzer, F. Studien über indirekte Beleuchtung. Inaugural-Differtation u. f. w. Halle 1893. S. 16.

In Schulzimmern, Hörfälen und dergl. hat auch der Lehrer, bezw. der Vortragende, von den Wärmeftrahlen, die von den in feiner nächften Nähe angebrachten Lichtern ausgehen, viel zu leiden[83]).

Diefer Uebelftand tritt umfo fühlbarer auf, in je geringerer Höhe die Beleuchtungskörper angeordnet find, fo dafs ein Mittel, ihm zu begegnen, darin beftände, die Lichter möglichft hoch anzubringen. Was für Nachteile indes hiermit verbunden find, wurde bereits unter 2 (Art. 123) erläutert.

Einigermafsen kann man bezüglich des in Rede ftehenden Mifsftandes Abhilfe fchaffen, wenn man *Auer*'fches Gasglühlicht anwendet, was durch den geringen Gasverbrauch begründet ift; eine Normalkerze *Auer*-Licht entwickelt nur $^1/_5$ der Wärme einer Normalkerze im *Argand*-Brennerlicht. (Ueber *Renk*'s einfchlägige Meffungen fiehe im nächften Artikel.) Auch einige Regenerativbrenner verhalten fich in diefer Beziehung günftig; bei *Siemens*'fchen Brennern diefer Art wird fo gut wie keine fühlbare Wärme nach unten ausgeftrahlt; unter *Wenham*-Lampen hingegen wird die Wärme deutlich empfunden.

126. Verunreinigen der Raumluft.

5) Bei der üblichen Art der Gasbeleuchtung teilen fich die Verbrennungsgafe der Raumluft mit und verderben fie in hohem Grade[84]).

Renk führte in leeren Hörfälen der Univerfität zu Halle einfchlägige Unterfuchungen aus und fand, dafs nach einftündigem Brennen der Lampen eine Vermehrung des Kohlenfäuregehaltes um mehr als 1,9 Vomtaufend eintrat, fo dafs unter allen Umftänden nach einer Stunde der zuläffige Kohlenfäuregehalt von 1 Vomtaufend überfchritten werden mufste. Der höchfte gefundene abfolute Kohlenfäuregehalt war 2,79 Vomtaufend[85]).

Auch hierin zeigt fich das *Auer*'fche Gasglühlicht weniger mifsftändig als das Licht der *Argand*-Brenner. Dies erklärt fich gleichfalls aus dem Umftande, dafs bei letzterem der Gasverbrauch wefentlich geringer als bei erfterem ift.

Renk ftellte auch hierüber forgfältige Unterfuchungen an. In einem Laboratorium des hygienifchen Inftituts zu Halle a. S. wurde am 22. November ein *Argand*-Brenner angezündet, nachdem vorher der Kohlenfäuregehalt der Luft an zwei Stellen gemeffen worden war; nach 4 Stunden wurden neue Kohlenfäuremeffungen vorgenommen. Unter den gleichen Verhältniffen wurde der Verfuch am darauffolgenden Tage wiederholt, nur mit der Abänderung, dafs ein Gasglühlicht brannte. Der Kohlenfäuregehalt der Luft nahm bei der Beleuchtung mit dem *Argand*-Brenner von 0,992 auf 4,396 Vomtaufend, alfo um 3,4 Vomtaufend, bei der Beleuchtung mit *Auer*'s Gasglühlicht von 0,946 auf 2,373 Vomtaufend, alfo um 1,43 Vomtaufend zu; die Luftverderbnis bei letzterem betrug fonach nur 42 Vomhundert derjenigen beim *Argand*-Brenner[86]).

Renk nahm hierbei auch Temperaturmeffungen vor. Die Temperatur ftieg an:

	bei *Argand*-Brenner:	bei Gasglühlicht:
in der Mitte des Zimmers, nahe der Decke, um	8,0 Grad	3,7 Grad
in halber Höhe »	3,6 »	1,6 »
am Fufsboden »	2,1 »	1,1 »
nahe der Fenfterwand »	2,5 »	1,8 »
nahe der gegenüberliegenden Wand »	2,9 »	1,5 »[87])

[83]) Nach *Cohn* tritt durch »zu heifse Beleuchtung« ein Gefühl von Trockenheit im Auge ein; die von der Bindehaut gelieferte Feuchtigkeit, welche den vorderen Teil des Auges bedeckt, verdunftet zu fchnell. Dies ift fehr läftig; denn natürlich wird in diefem Falle nicht blofs das Auge, fondern auch der Kopf erwarmt, und es entfteht Kopffchmerz, der fchliefslich am Weiterarbeiten hindert.

[84]) Siehe hierüber: Handbuch der Architektur, Teil III, Band 4 (Kap. über »Gasbeleuchtung«, unter c — fowie Kap. über »Luftverunreinigung und Unfchadlichmachen derfelben«, unter a).

[85]) Siehe: RENK, F. Die neue Beleuchtung der Univerfitäts-Auditorien in Halle a. S. Berlin 1894. S. 5.

[86]) Von *Gréhant* war zwar zuerft behauptet worden, dafs das *Auer*-Licht bedenkliche Mengen von Kohlenoxydgas entwickele. Nach den Unterfuchungen *Gréhant*'s ift indes das *Auer*-Licht nicht gefährlicher als das gewöhnliche Gaslicht, in deffen Verbrennungsgafen ebenfalls häufig Spuren von Kohlenoxydgas nachgewiefen worden find.

[87]) Siehe ebendaf., S. 9. — *Renk* fafst am Schluffe feiner Unterfuchungen die Vorzüge des *Auer*'fchen Gasglühlichtes im wefentlichen wie folgt zufammen:

Der Luftverderbnis liefse fich abhelfen, wenn man die Verbrennungsgafe unmittelbar von den Beleuchtungskörpern abführen würde; dadurch wäre auch der Erwärmung der Raumluft in ziemlichem Mafse vorgebeugt. Es ift indes keine einfache Aufgabe, in einem gröfseren Raume mit zahlreichen Gasflammen folche Ableitungseinrichtungen in nicht mifsftändiger Weife anzubringen, abgefehen davon, dafs bedeutende Koften damit verbunden find. Dies mag wohl auch der Grund gewefen fein, weshalb in früheren Zeiten in einigen gröfseren Hörfalen an der Decke Sonnenbrenner angeordnet worden find, von denen bekanntlich die Verbrennungsluft unmittelbar weggeführt wird und die auch ein Mittel zur Raumlüftung gebildet haben.

Hiernach kann man der ftarken Luftverunreinigung auch nur durch kräftig wirkende Lüftungsanlagen entgegenarbeiten.

127.
Spiegelnde Glanzftellen auf Wandtafeln etc.

6) In manchen Räumen fpielen zum Schreiben, Zeichnen und dergl. beftimmte Wandtafeln eine wichtige Rolle. Dies trifft vor allem bei den Klaffenzimmern unferer niederen und höheren Lehranftalten zu, aber auch für gewiffe Hörfäle der Hochfchulen und verwandten Anftalten, in denen folche Tafeln nicht allein zum Schreiben, fondern auch zum Skizzieren u. f. w. benutzt werden. In folchen Fällen zeigt fich der weitere Mifsftand, dafs auf diefen Tafeln mit ftarkem Glanz reflektierende Stellen auftreten, welche durch die Beleuchtungskörper erzeugt werden, die zu ihrer Erhellung dienen. Steht vor der Tafel ein Demonftrationstifch, fo bringt die darüber angebrachte Lampenreihe auf der in Rede ftehenden Tafel fogar einen wagrechten fpiegelnden Streifen hervor. Von gewiffen Sitzplätzen der Schulkinder, bezw. der Zuhörer aus ift das Erkennen des an folchen Glanzftellen Gefchriebenen oder Gezeichneten gar nicht oder nur mit grofser Mühe möglich.

Diefem Uebelftande zu begegnen, ift kaum möglich; felbft ein völlig matter Tafelanftrich hilft nicht ganz ab, und fogar an aus Schieferplatten gebildeten Wandtafeln zeigen fich mifsftändige Glanzftellen.

128.
Mifsftände der elektrifchen Beleuchtung.

Die im vorhergehenden unter 1, 2, 3 u. 6 (Art. 122 bis 124 u. 127) angeführten Mifsftände der direkten Gasbeleuchtung machen fich auch bei der direkten Erhellung mittels elektrifchen Glühlichtes geltend; was unter 4 (Art. 125) bezüglich der Wärmeftrahlung und Erwärmung der Saalluft gefagt wurde, erfährt beim elektrifchen Glühlicht eine fehr beträchtliche Einfchränkung, und die unter 5 (Art. 126) hervorgehobene Verunreinigung der Luft entfällt ganz.

Beim elektrifchen Bogenlicht gefchieht bekanntlich die Umwandelung der elektrifchen Energie in Licht in wefentlich vorteilhafterer Weife als beim Glühlicht. Deffenungeachtet kann die Erhellung von Innenräumen mittels Bogenlicht eigentlich nur dann in Frage kommen, wenn diefe Räume das hohe Aufhängen der Bogenlampen geftatten. In niedrigen Räumen ift man deshalb auf das teuerere

1) Das Gasglühlicht erfpart durchfchnittlich 50 Vomhundert an Leuchtgas, verglichen mit Schnitt- und *Argand*-Brennern, und etwa 28 Vomhundert gegenüber Regenerativbrennern.

2) Das Gasglühlicht verunreinigt die Luft beleuchteter Räume viel weniger als andere Gasflammen; es erzeugt nur halb fo viel Kohlenfäure als diefe, keine oder nur verfchwindende Mengen unvollkommener Verbrennungsprodukte und weniger als die Hälfte Wärme.

3) Das Gasglühlicht erzeugt eine doppelt fo grofse Helligkeit als der *Argand*-Brenner und etwa 4mal mehr als der Schnittbrenner.

4) Es erzeugt zwar nicht die doppelte, bezw. 4fache Helligkeit auf den darunter befindlichen Plätzen, erhöht aber deren Helligkeit beträchtlich, und zwar umfomehr, je weiter feitlich davon ein Platz fich befindet.

5) Die Lichtverteilung auf einer grofsen Fläche ift gleichmäfsiger als beim *Argand*-Brenner.

Siehe auch: *Renk*'s Gutachten über das *Auer*'fche Gasglühlicht. Gefundh.-Ing. 1894, S. 309, 324.

Glühlicht angewiefen. Allein felbft in genügend hohen Räumen wird mit elektrifchem Bogenlicht kein vollkommener Erfolg erzielt, folange man die Bogenlampen ohne jede weitere Vorrichtung, welche die Regelung der Lichtverteilung anzuftreben hat, in Gebrauch nimmt.

Der elektrifche Lichtbogen ift infolge feiner hohen Leuchtkraft für die Erhellung gefchloffener Räume in vielen Fällen weniger tauglich als andere Beleuchtungsarten. Die Urfache davon ift in dem allzu kraffen Uebergang zwifchen Licht und Schatten zu fuchen; gerade ein folcher Uebergang ift bei der Erhellung mittels zerftreuten Sonnenlichtes gänzlich vermieden. Das zerftreute Tageslicht, das fog. Himmelslicht, kommt von einer unendlich grofsen Fläche, während das elektrifche Bogenlicht von einem fehr kleinen Raume ausgeftrahlt wird. Selbft beim Lichte einer Gasflamme ftellen fich die Verhältniffe noch günftiger als beim Bogenlicht, da erftere immer noch einige Quadr.-Centimeter grofs ift, während die elektrifche Bogenlampe, welche eine viel gröfsere Leuchtkraft befitzt, ihr Licht von einer vielmal kleineren Stelle, fozufagen nur von einem Punkte, ausftrahlt.

Um die Sehfchärfe des Auges zu fchonen und es vor der unmittelbaren Einwirkung der zu grellen, blendenden Beleuchtung zu bewahren, foll man die Bogenlichter ftets in grofser Höhe anbringen. Durch das übliche Einfchliefsen des Lichtbogens in eine matte Glasglocke (Alabafter-, Matt-, Opal- u. f. w. Glas) kann den angedeuteten Mifsftänden, ungeachtet des beträchtlichen Lichtverluftes, nur teilweife begegnet werden. Zwar wird bis zu einem gewiffen Grade die Zerftreuung des Lichtes herbeigeführt; allein das Durchfchimmern des Lichtbogens wird nicht ganz verhütet; auf glänzenden Flächen entftehen blendende Spiegelungen und in empfindlichen Augen unangenehme Nachbilder; endlich treten die im vorhergehenden Artikel für Gasbeleuchtung bereits berührten Schlagfchatten in verftärktem Grade auf.

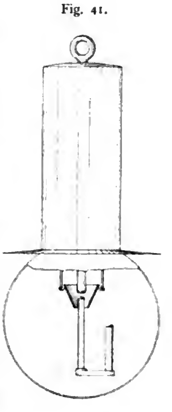
Um den kleineren Bogenlampen (2 bis 4 *Ampere*) einen wärmeren Ton zu verleihen, mufs man dafür forgen, dafs die von der unmittelbaren Ausftrahlung herrührende Lichtmenge tunlichft verringert, die als zerftreutes Licht wirkende dagegen möglichft vermehrt wird. Dies kann vor allem dadurch gefchehen, dafs man die Undurchläffigkeit der umhüllenden Schutzglocke vergröfsert. Wenn demnach, wie dies meift ftattfindet, Ueberfangglas verwendet werden foll, fo hat man die Dicke des Ueberfanges entfprechend zu vermehren. Allerdings wird die Lichtdurchläffigkeit der Glocke hierdurch verringert; allein die Lichtftärke wird nicht im gleichen Mafse vermindert, weil durch die dickere Schicht des Ueberfanges die zerftreuende Wirkung der Glocke erhöht wird. Die Gefamtwirkung bleibt hinter derjenigen, welche mit ftark lichtdurchläffiger Glocke erzielt wird, nur wenig zurück; die Erhellung wird viel angenehmer, ruhiger und gleichmäfsiger.

Ein anderes Mittel, die Erhellung durch kleine Bogenlampen zu verbeffern, beftände darin, dafs man die umhüllende Glocke genügend vergröfsert; indes find es vor allem äfthetifche Gefichtspunkte, welche diefem Mittel fehr bald eine Grenze fetzen würden.

Endlich ift in diefer Richtung noch des Weges zu gedenken, den die frühere Elektrizitäts-Aktiengefellfchaft, vormals *Schuckert & Co.*, zu Nürnberg eingefchlagen hat. Nach dem Vorfchlage *Uppenborn's* wurde in den Lampen für Innenbeleuchtung unter dem Lichtpunkt ein kleiner Konus aus Ueberfangglas angebracht (Fig. 41). Das hierzu verwendete Glas darf nicht zu durchläffig fein; die auf die

Flächeneinheit des Konus entfallende Lichtmenge ist so bedeutend, dafs er in seiner ganzen Ausdehnung selbst als glühender Körper erscheint. Er sendet seinerseits schon zerstreutes Licht auf die ihn umhüllende äufsere Schutzglocke, und diese hat nunmehr die weitere und vollkommenere Verteilung des Lichtes zu bewirken. Durch hell gefärbte Decken und Wände kann man diese Wirkung erhöhen, weil durch solche die nach oben gehenden Lichtstrahlen zur Erhellung der unteren Raumteile mit herangezogen werden.

Fig. 41.



129. Folgerungen.

Aus dem Vorgeführten geht hervor, dafs die mitgeteilten Verfahren der künstlichen Raumbeleuchtung, die man, wie in Art. 121 (S. 96) bemerkt, als »direkte Erhellung« — im Gegensatz zu der nunmehr zu besprechenden »indirekten Erhellung« — bezeichnet, ihrem Zwecke in vielen Fällen in nur unvollkommener Weise entsprechen. Sie genügen nicht, weil die durch sie erzielte Beleuchtung sich von derjenigen durch zerstreutes Sonnenlicht in unvorteilhafter Weise unterscheidet. Deshalb ist das Bestreben entstanden, eine künstliche Beleuchtung zu schaffen, die der Tageserhellung möglichst nahe kommt.

Die Erhellung geschlossener Räume mittels Tageslicht weist folgende wertvolle, dem menschlichen Auge wohltuende Eigenschaften auf: genügend grofse Helligkeit, zerstreutes Licht, gleichmäfsige Lichtverteilung und wenig Schlagschatten. Aehnliches mufs man bei der künstlichen Erhellung dieser Räume zu erzielen trachten. Stark leuchtende und strahlende Lichtquellen, wie sie durch Gas- oder elektrische Beleuchtungskörper erzielt werden können, geben zwar viel Licht, entbehren aber der wohltuenden Eigenschaften des Tageslichtes und schädigen unter Umständen durch »zu viel Licht« das menschliche Auge.

Ein durchgreifender Unterschied zwischen Tagesbeleuchtung und direkter künstlicher Erhellung liegt darin, dafs erstere durch diffuses oder zerstreutes Licht hervorgebracht wird, während letztere zum gröfsten Teil direkte Lichtstrahlen liefert. Will man hiernach bei der künstlichen Beleuchtung die gleiche Wirkung wie beim Sonnenlicht erzielen, so mufs man die direkte Erhellung in die indirekte umwandeln, d. h. man verdecke die Lichtquelle, so dafs sie in den Raum keine direkten Strahlen werfen kann; man sorge ferner dafür, dafs durch geeignete Einrichtungen das von der Lichtquelle ausgehende Licht zerstreut wird und erst in diesem Zustande in den Raum gelangt.

130. Indirekte Erhellung.

Aus dem eben Gesagten, vor allem aber aus den Ansprüchen hygienischer und wirtschaftlicher Art, die man an eine möglichst vollkommene künstliche Erhellung der geschlossenen Räume stellen mufs, ergeben sich die Aufgaben, welche die indirekte Beleuchtung zu erfüllen hat. Dafs allen diesen Bedingungen nur durch zerstreutes Licht genügt werden kann, wurde bereits gesagt. Um solches zu erzielen, hat man früher die Lichtquellen aufserhalb der zu erhellenden Räume angeordnet, und zwar entweder an der Seite hinter Fenstern, welche mit mattgeschliffenem Glase versehen wurden, oder an der Decke über einem Deckenlicht, in welchem Falle das letztere gleichfalls matte Verglasung erhielt. Soweit es sich

um die Zerſtreuung des Lichtes handelt, iſt die Wirkung einer ſolchen Einrichtung eine ganz gute; indes iſt ſie ſelbſt und auch ihre Bedienung nicht einfach genug; ferner geht infolge des groſsen Abſtandes vom Licht ſehr viel verloren, ſo daſs dieſe Erhellungsart wenig ſparſam iſt; endlich iſt die Erhellung in der Flächenausdehnung nicht genügend gleichmäſsig und die Schattenbildung ungünſtig.

Um den beabſichtigten Zweck vollkommen zu erreichen, bringt man die Lichtquelle in der üblichen Weiſe (an der Decke oder an der Seite) an, verdeckt ſie und läſst ihre Strahlen zunächſt auf lichtzerſtreuende Flächen u. ſ. w. fallen, von denen ſie in den zu erhellenden Raum zurückgeworfen werden. Bei geeigneter Anordnung werden alsdann die Lichtſtrahlen derart zerſtreut in den Raum geworfen, daſs faſt ſchattenloſe Helligkeit herrſcht. An Licht geht dabei allerdings ſtets verloren, und es wird beim Konſtruieren der bezüglichen Einrichtungen eine Hauptaufgabe ſein, den Lichtverluſt tunlichſt herabzumindern.

Während bei der direkten Beleuchtung von oben die Erhellung eine umſo beſſere wird, in je geringerer Höhe man die Beleuchtungskörper über der zu erhellenden Fläche anbringt, erzielt man bei der indirekten Erhellung ein umſo günſtigeres Ergebnis, je höher man die Beleuchtungskörper aufhängt. Zwar ergibt ſich auch für die indirekte Beleuchtung bei Höherſtellung der Lampen ein Verluſt an Helligkeit; allein man erreicht eine gleichmäſsigere Verteilung der letzteren [88].

Wie aus der Natur der Sache hervorgeht, wird die indirekte Beleuchtung nur für gröſsere Räume in Frage kommen. In Art. 27 (S. 32) wurde bereits erwähnt, daſs vor allem in unſeren Wohnhäuſern davon nur wenig Gebrauch gemacht werden dürfte.

b) Einfall des zerſtreuten Lichtes von oben.

1) Lichtzerſtreuung mittels reflektierender Raumdecke.

131. Reflektierende Raumdecke.

Man hat vielfach mit gutem Erfolg die Decken der Räume für die Zwecke der Lichtzerſtreuung verwendet. *Burgerſtein* [89]) berichtet, daſs auf der elektriſchen Ausſtellung in Paris 1881 von *Jaſpar* eine ſolche Erhellungseinrichtung zur Ausführung gebracht war, und noch von anderen, z. B. von *Sautter, Lemonnier & Co.* in Paris, war eine ſolche Beleuchtung verſucht worden.

Nach *Schlenk's* Bericht [90]) war in jedem dieſer Säle eine elektriſche Bogenlampe, Syſtem *Gramme*, ſo angeordnet, daſs der Brennpunkt in ungefähr 3 m Höhe lag; die poſitive Kohle war unten, die negative Kohle oben angebracht. Unterhalb jeder Lampe befand ſich ein kegelförmiger, unten geſchloſſener Reflektor; dieſer ſtellte einen Kegelſtutzen von 33 cm Höhe und 15 cm, bezw. 1,00 m meſſenden Endflächen dar, war aus Eiſenblech und innen blank vernickelt. Durch dieſen Reflektor waren einerſeits die Lichtbogen dem Auge des Beſchauers entzogen; andererſeits wurden die von ihm ausgehenden Lichtſtrahlen zum groſsen Teile aufgefangen und an die hell gehaltene Raumdecke geworfen; auſserdem aber trafen noch viele Strahlen unmittelbar auf die Raumdecke, noch mehr aber auf die oberen Teile der Raumwände, die im oberen Drittel durch unmittelbare Strahlen ſehr hell beleuchtet waren.

Bei dieſen Einrichtungen wurde das Licht völlig zerſtreut und ſehr gleichmäſsig verteilt; es zeigte ſich keine nennenswerte Schattenbildung. Weder oberhalb der Lampe wurde ein Schatten ſichtbar, noch war der Raum unter dem unter der Lampe angebrachten Reflektor weniger hell beleuchtet.

88) Siehe: PELZER, a. a. O., S. 13.

89) Siehe: Zeitſchr. f. Schulgeſundheitspfl. 1889, S. 17

90) Siehe: Mitth. d. technolog. Gewerbemuſeums in Wien 1885, Nr. 2, S. 28

Im Jahre 1884 führte *Schlenk* eine ähnliche Beleuchtung im technologifchen Gewerbemufeum zu Wien durch.

Er berichtet[91]), dafs die überaus geringe Schattenbildung anfangs beim Zeichnen infofern unangenehm auffiel, als die Zeichnenden gewohnt waren, zum genauen Treffen eines Punktes auf dem Papier das Zufammenkommen der Bleiftiftfpitze und ihres Schattenbildes als Hilfsmittel, das nunmehr entfiel, zu benutzen.

Die gleiche Art der künftlichen Erhellung wurde bald darauf auch an anderen Stellen (Anatomie zu Wien, fpäter von der früheren Firma *Schuckert & Co.* zu Nürnberg in der Baugewerkfchule zu Nürnberg u. f. w.) mit gleich gutem Erfolg zur Anwendung gebracht.

Indes bewährte fich die von *Jafpar* herrührende Einrichtung nicht vollftändig. Der nach oben gerichtete Krater der unten angebrachten pofitiven Kohle wirkte nämlich als Afchenfänger; fobald nun ein Kohlenteilchen von der oberen (negativen) Kohlenfpitze abfiel und in den Krater gelangte, flackerte der Lichtbogen auf, und die Lampe brannte fo lange unruhig, bis das Kohlenteilchen im Krater verdampft war. Eine derart wechfelnde Erhellung ift meift unbrauchbar.

132. *Erismann's* Verfuche.

Auf der Jubiläumsausftellung der Gefellfchaft für Beförderung der Arbeitfamkeit zu Moskau 1888 hatte *Erismann* in der Abteilung für Schulhygiene das Modell eines Mufterfchulzimmers mit »indirekter Beleuchtung« ausgeftellt[92]). In $1{,}00$ m Abftand von der Decke waren in gleichmäfsiger Verteilung 9 Petroleumlampen aufgehängt und zur Erzielung indirekter Erhellung unter ihnen metallene, innen weifs angeftrichene Reflektoren (Schirme) mit grofsem Oeffnungswinkel angebracht, welche das Licht zunächft auf die weifs gefärbte Raumdecke und an die oberften Teile der gleichfalls weifsen Umfaffungswände warfen; von hier aus erft gelangte das Licht auf das Schulgeftühl.

In zwei Verfuchszimmern wurde ein Vergleich zwifchen diefer Art der Zimmererhellung und der gewöhnlichen (direkten) künftlichen Beleuchtung angeftellt.

Auf *Erismann*'s Veranlaffung wurden in dem für die Abteilung der Schulhygiene angewiefenen Saale zwei vollkommen dunkle Zimmerchen eingerichtet, deren Höhe der gewöhnlichen Höhe der Klaffenzimmer entfprach, die im Grundrifs quadratifch waren und $4{,}50$ m Seitenlänge hatten. Das eine Zimmer wurde durch 3 Lampen mit fog. belgifchen Brennern von 40 Kerzen Lichtftärke erhellt; fie wurden in etwa $1{,}00$ m über den Schultifchen angebracht und darüber grofse, unten weifs angeftrichene Reflektoren angeordnet. Das zweite Zimmerchen erhielt 6 Lampen befonderer Konftruktion (mit fog. Kreuzbrennern von *Kobofeff*), unter denen Schirme von etwa 55 cm Durchmeffer fich befanden, die fich nach oben öffneten und auf beiden Seiten mit weifser Oelfarbe angeftrichen waren. Die Zimmerdecken und die oberen Teile der Umfaffungswände ($1{,}50$ m von der Decke) waren mit weifsen, matten Tapeten beklebt; die mittleren Wandteile waren in einem leicht hellgrauen Ton gehalten und die unteren (bis $1{,}20$ m über dem Fufsboden) dunkelgrau angeftrichen.

Von *Boubnoff* wurden vergleichende photometrifche Meffungen vorgenommen, welche fich hauptfächlich auf den Grad der Gleichmäfsigkeit der Erhellung des Fufsbodens, der Wände und des Geftuhles in beiden Zimmern bezogen. Es zeigte fich, dafs bei der gewählten Art der indirekten Erhellung die Verteilung des Lichtes in einer wagrechten Ebene fehr gleichmäfsig war und dafs Schlagfchatten gänzlich fehlten[93]).

91) Ebendaf.

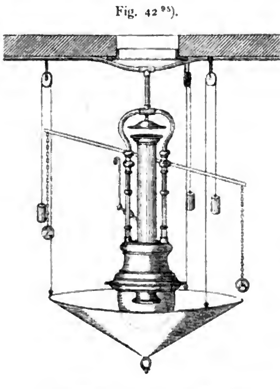
92) Siehe: Zeitfchr. f. Schulgefundheitspfl. 1888, S. 347.

93) Siehe ebendaf., S. 362.

Nach dem Vorgange *Erismann's* brachte *Renk*[94]) im Jahre 1892 unter den Regenerativgasbrennern (Syftem *Butzke*) im Hörfaal des hygienifchen Inftituts der Univerfität zu Halle trichterförmige Metallreflektoren (Blechfchirme [Fig. 42][95]) mit einem Oeffnungswinkel von 120 Grad an, und zwar in einem folchen Abftande von der Lichtquelle, dafs von keinem Platze im Saale aus die Flamme gefehen werden konnte. Die von letzterer ausgehenden Lichtftrahlen wurden nach der Saaldecke und von diefer in den Saal felbft geworfen. Der Saal erfchien in zwei Teile geteilt: in einen oberen helleren und einen unteren dunkleren, beide ziemlich fcharf getrennt. Allein im unteren Teile konnte man deutlich lefen; gleichmäfsige Helligkeit und Mangel an Schlagfchatten waren erzielt. Indes war die grofse Gleichmäfsigkeit der Helligkeit auf allen Sitzplätzen durch einen bedeutenden Verluft an Licht erkauft worden; es waren 64,5 Vomhundert davon verlorengegangen.

133. Renk's Unterfuchungen.

Fig. 42[95]).



Um diefen bedeutenden Verluft herabzumindern, wurden verfchiedene Mafsregeln getroffen:

1) Die reflektierenden Flächen wurden vergröfsert; Decke und Umfaffungswände des Hörfaales wurden weifs angeftrichen, ebenfo der Experimentiertifch und das Geftühl; die farbigen Vorhänge wurden durch weifse erfetzt und die Fenfter durch weifse Rouleaus verdeckt. Hierdurch wurde ein Lichtgewinn von 26,8 Vomhundert erzielt; allein der Lichtverluft betrug noch immer 60,2 Vomhundert.

2) Die unter den Lampen befindlichen, lichtundurchläffigen Reflektoren wurden durch folche aus weifsem, aber lichtdurchlaffendem Stoff erfetzt. Hiernach follte in den Saal nicht nur reflektiertes Licht, fondern auch folches, welches durch den Reflektor hindurchgeht, gelangen.

Zuerft wurden Papierfchirme angewendet und dadurch eine Erhöhung der Helligkeit um 19,2 Vomhundert gegenüber der Beleuchtung mit Metallreflektoren erzielt.

Alsdann wurden die Reflektoren aus Ueberfangglas hergeftellt, welches lichtdurchläffiger als Papier war, bei auffallendem Lichte eine fchöne weifse Farbe zeigte, aber nicht fo ftark durchfichtig war, dafs die Flamme der Regenerativbrenner hindurchgefehen werden konnte. Aus diefem Glafe wurden 6 gleichfchenkelige Dreiecke gefchnitten, die durch fchmale Metallbänder zu einer Pyramide vereinigt wurden; der Oeffnungswinkel der letzteren betrug wie bei den metallenen und papierenen Schirmen 120 Grad. Gegenüber der Erhellung mit Metallreflektoren war es auf den Tifchen um 62,1 Vomhundert, gegenüber den Papierfchirmen um 36,2 Vomhundert heller geworden; der Lichtverluft war auf 35,4 Vomhundert

[94]) Siehe RENK, F. Ueber die Beleuchtung von Hörfälen u. f. w. Halle a. S. 1892. S. 17 ff.
[95]) Fakf.-Repr. nach: Gefundh.-Ing. 1892, S. 277.

herabgefunken. Allerdings war die Gleichmäfsigkeit der Erhellung nicht mehr fo vollkommen wie beim erften Verfuch.

Alle diefe Reflektoren verhinderten auch, dafs an der fchwarzen Wandtafel Reflexe entftanden, ebenfo, dafs die Wärmeftrahlung, wie fie bei der direkten Beleuchtung von den unmittelbar unter den Lampen Sitzenden läftig empfunden wird, befeitigt war.

134. *Renk*'s fpätere Verfuche.

Auf Grund der vorftehend fkizzierten Verfuche wurde *Renk*'s Hörfaal im hygienifchen Inftitut zu Halle durch 4 Regenerativbrenner, Syftem *Wenham*, indirekt erhellt. Diefe Lampen werfen ihr Licht auf die darunter angebrachten Reflektoren aus Milchglas; durch letztere geht das Licht zum Teile diffus durch; zum gröfseren Teile wird es von ihnen nach der weifs angeftrichenen Decke und nach dem oberen Teile der ebenfalls fehr hell gemalten Saalwände geworfen und gelangt erft von diefen aus in die unteren Partien der Hörfale.

135. Anwendung des *Auer*'fchen Glühlichtes.

Später fetzte *Renk* an die Stelle der einzelnen Regenerativbrenner je zwei *Auer*'fche Gasglühlichter und erzielte damit eine fehr erhebliche Verbefferung in der Erhellung des Hörfaales. Während die Regenerativbrenner auf den Zuhörerplätzen eine Helligkeit von $17{,}48$ Meterkerzen erzeugt hatten, betrug fie nunmehr im Durchfchnitt von 20 Plätzen $38{,}6$ Meterkerzen, war alfo um 121 Vomhundert gröfser als vorher. Deffenungeachtet wurde eine Verminderung des Gasverbrauches um 28 Vomhundert erzielt[96]).

Im hygienifchen Inftitut der Univerfität zu Graz wurden zuerft von *Kermauer* und *Prausnitz*[97]), fpäter von *Prausnitz* allein[98]) Unterfuchungen über indirekte Beleuchtung mit *Auer*'fchem Gasglühlicht vorgenommen, und ihr Hauptzweck war die Feftftellung von Normalien für die Inftallierung folcher Beleuchtungsanlagen. Die Ergebniffe diefer Unterfuchungen waren fehr günftige, vorausgefetzt, dafs die Beleuchtungskörper möglichft hoch angebracht waren, wie denn *Prausnitz* ganz allgemein empfiehlt, ftark leuchtende Beleuchtungskörper nicht, wie es fonft üblich ift, tunlichft tief zu hängen, fondern das gerade Gegenteil zu tun.

Das Bayrifche Minifterium des Inneren hat in den Jahren 1900 und 1901 die Beleuchtung von Schulanftalten zum Gegenftand von Unterfuchungen gemacht, welche fich u. a. gleichfalls auf die Verwendung des *Auer*'fchen Gasglühlichtes bezogen. Auf Grund diefer Verfuche werden für Räume, die nicht höher als $4{,}00$ m find, Metallreflektoren mit oben blank glänzender (polierter) oder weifs emaillierter Fläche (obere Oeffnung von 60 cm und Neigung von 20 cm) empfohlen. Namentlich werden die geringen Koften, die dem geringen Gasverbrauch entfprechen, gerühmt.

Je nachdem in dem betreffenden Saal feinere oder gröbere Arbeiten ausgeführt werden follen (Hör- oder Zeichenfäle), rechne man für jedes *Auer*-Licht 6 bis 12 qm Bodenfläche; dabei foll der Beleuchtungskörper im Mittel $3{,}00$ m (zwifchen $2{,}50$ bis $3{,}50$ m, je nach der Höhe des Saales) über dem Fufsboden angebracht fein.

136. Anwendung des elektrifchen Bogenlichtes.

Bei den Unterfuchungen von *Erismann* bildeten Petroleumlampen die Lichtquellen, und bei denjenigen von *Renk* waren es Beleuchtungskörper, die mit Leuchtgas gefpeift wurden. Wenn nun auch durch die von beiden angewandten Reflektoren wefentliche Vorteile erzielt wurden, namentlich hinfichtlich günftiger Zerftreuung des Lichtes, fo waren die läftige Erwärmung der Saalluft und deren Verunreinigung immer noch verblieben. In grofsen Räumen auch in diefer Be-

96) Siehe: RENK, F. Die neue Beleuchtung der Univerfitäts-Auditorien in Halle a. S. Berlin 1894. S. 15.

97) Siehe: Archiv f. Hygiene, Bd. 29, S. 17 — und: Journ. f. Gasb. u. Waff. 1897, S. 149.

98) Siehe: Journ. f. Gasb. u. Waff. 1899, S. 173, 197.

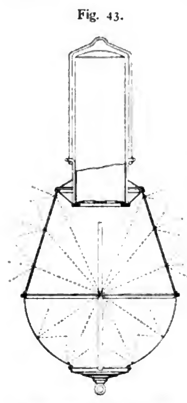
ziehung möglichſt vollkommene Ergebniſſe zu erreichen, iſt nur durch Verwendung von elektriſchen Bogenlampen möglich. Dies iſt auch mehrfach geſchehen, und in Art. 129 (S. 102) iſt bereits von ſolchen Einrichtungen die Rede geweſen. Bei dieſen ſowohl, ſowie auch bei einigen der ſpäter erfundenen Lampen wird, um die Lichtſtrahlen nach der Raumdecke zu richten, als untere Kohle die poſitive und als obere die negative Kohle benutzt.

In kleineren Räumen kann man auch mit Glühlichtlampen von ſtärkerer Leuchtkraft befriedigende Ergebniſſe erzielen.

137.
Bogenlampen der früheren Firma *Schuckert & Co*

Welcher Miſsſtand mit der *Jaſpar*'ſchen Einrichtung für indirekte Bogenlichterhellung verbunden iſt, wurde in Art. 131 (S. 104) bereits geſagt. Da aber dieſe Art der Erhellung auf der anderen Seite groſse Vorteile darbietet, ſo war die frühere Firma *Schuckert & Co.* zu Nürnberg vor allem darauf bedacht, die für ſolche Bogenlampen erforderlichen Kohlen zu verbeſſern. Weiter wurde von dieſer Anſtalt eine Bogenlampe mit halbkugelförmigem Reflektor (Fig. 43) konſtruiert, welcher die nach unten gehenden Lichtſtrahlen zurückwirft. Durch eine darauf ſitzende Laterne aus Ueberfangglas oder aus Mattglas wird das gegen die Decke geworfene Licht gleichmäſsig verteilt. Von der Anordnung beſonderer Reflektoren wurde bei dieſer Einrichtung abgeſehen.

Fig. 43.



Bogenlampe für indirekte Erhellung der früheren Firma *Schuckert & Co.* zu Nürnberg.
1/11 w. Gr.

Derartige Lampen ſind, wie die genannte Firma ſelbſt angab, für die indirekte Erhellung von Fabrikräumen und dergl. wohl geeignet; den Anſprüchen, welche in anderen Räumen, wie Schulzimmern, Hörſälen u. ſ. w., geſtellt werden, genügen ſie nicht in ausreichendem Maſse.

138.
Lichtzerſtreuer von *Elſter*.

Die älteſte Lichtzerſtreuungsvorrichtung für elektriſches Bogenlicht dürfte der »Blend-Scheinwerfer« von *S. Elſter* in Berlin ſein; ſie wurde dieſer Firma bereits im Jahre 1891 patentiert. Die von der Lichtquelle ausgehenden Strahlen fallen bei dieſer Konſtruktion zunächſt auf fächerförmig angeordnete Glaslamellen, bezw. Glasringe, werden von dieſen an die Raumdecke und von letzterer in den Raum ſelbſt zurückgeworfen. Die Lamellen ſind aus mattem Glas gebildet, und zwar iſt die matte Fläche der Lichtquelle zugekehrt; ſie haben eine ſolche Stellung, daſs die Lichtſtrahlen niemals ſenkrecht auffallen, ſondern immer nur in ſchiefer Richtung. Die Lichtſtrahlen gehen teils gebrochen durch die Lamellen hindurch, teils werden ſie an die Raumdecke geworfen.

Fig. 44 [99]) zeigt einen ſolchen Lichtzerſtreuer; der obere Grundriſs veranſchaulicht die Lamellenanordnung, wenn die Lampe in gröſserer Höhe aufgehängt werden kann. Bei niedrigerer Aufhängung könnte es geſchehen, daſs die aus einzelnen Lücken der Lamellen zurückgeworfenen Strahlen in einfacher Brechung das Auge treffen, daſs man alſo einſeitig in den Lamellenkorb hineinſchauen könnte;

[99]) Fakſ.-Repr. nach Journ. f. Gasb. u. Waſſ. 1891, S. 270.

deshalb empfiehlt fich in einem folchen Falle die Anordnung der Lamellen nach Art des unteren Grundriffes, bei welcher die Tangentialrichtung der Lamellen im Viertelkreis umgeftellt ift[100]).

Die *Elfter*'fchen Lichtzerftreuer können auch für fog. Gas-Hochlichtbrenner verwendet werden; nur müffen dabei die Lamellen mit der glatten, fpiegelnden Seite der Lichtquelle zugewendet werden. Die Hochlichtbrenner von *Siemens*, die fog. invertierten, welche mit weifser Flamme brennen, follen dabei die beften Ergebniffe liefern und darin die *Elfter-Wenham*-Lampen, deren vorteilhaftefte Brennergebniffe bekanntlich bei hellgelblicher Flammenfärbung erzielt werden, übertreffen[101]).

Fig. 44.

Lichtzerftreuer von *S. Elfter* zu Berlin[99]).

Die *Elfter*'fchen Lichtzerftreuer erzeugen erfahrungsgemäfs leichte Halbfchatten, wodurch fie zwar für viele Zwecke, z. B. für Schulzimmer und Hörfale, ebenfo für Fabrikräume u. f. w., weniger aber fur Zeichenfäle geeignet erfcheinen. Auch find die dünnen Glaslamellen fehr zerbrechlich, wodurch nicht unbedeutende Erfatzkoften entftehen können.

139.
Lichtzerftreuer der fruheren Elektrizitäts-Aktiengefellfchaft.

Da, wie mehrfach erwähnt, das Anbringen der pofitiven Kohle unten in mancher Beziehung mifsftändig ift, war die frühere Elektrizitäts-Aktiengefellfchaft vormals *Schuckert & Co.* zu Nürnberg beftrebt, eine Erhellungseinrichtung mit einer Bogenlampe zu konftruieren, bei der, wie gewöhnlich, die pofitive Kohle oben angeordnet ift. Das Ergebnis darauf bezüglicher Verfuche ift die in Fig. 45 dargeftellte Einrichtung.

Die Lichtftrahlen, welche von einer gewöhnlichen Bogenlampe nach unten geworfen werden, fallen auf zwei unter beftimmtem Winkel zufammengeftellte Spiegel *a* und *b*, welche aus Abfchnitten von Hohlkegeln oder von aus einzelnen ebenen Spiegeln zufammengefetzten vielfeitigen Pyramiden beftehen. An die Spiegel *b* fchliefst fich eine am Lampenkörper befeftigte vielfeitige Laterne *c* an, die mit Mattglas oder Ueberfangglas, unter Umftänden auch mit Riffelglas[102]), belegt ift. Die Spiegel *a* und *b* haben eine folche Stellung zueinander, dafs fämtliche auf fie fallende Lichtftrahlen auf die verglaften Flächen der Laterne *c* zurückgeworfen werden, hier teilweife noch geradlinig durchdringen, zum gröfsten Teile aber zerftreut werden. Das geradlinig durchgegangene Licht gelangt zur weifsen Raum-

100) Siehe auch: Blend-Scheinwerfer von *S. Elfter* in Berlin. Deutfche Bauz. 1891, S. 217.

101) Siehe: Journ. f. Gasb. u. Waff. 1891, S. 268.

102) Mufs fparfam vorgegangen werden, fo wird Riffelglas verwendet. Die fchönfte Wirkung erzielt man mit Ueberfangglas. In ganz ftaubfreien Raumen kann man auch Mattglas benutzen.

decke und wird von hier in den Raum zurückgeworfen; das zerſtreute Licht kommt teils unter Vermittelung der Decke, teils unmittelbar zur Wirkung.

Im Jahre 1892 wurden in der Techniſchen Hochſchule zu München Verſuche mit verſchiedenen Einrichtungen für indirekte Bogenlichterhellung angeſtellt; dabei wurde der eben beſchriebenen der Vorzug gegeben, und auf Grund weiterer Erfahrungen wurden ſpäter ſämtliche Hör- und Zeichenſäle mit ſolchen Lichtzerſtreuern ausgeſtattet [103]). — Die in den Sälen der Techniſchen Hochſchule zu Darmſtadt zur Anwendung gebrachten Beleuchtungskörper dieſer Art haben ſich, namentlich in der neueren verbeſſerten Ausführung, gut bewährt.

Fig. 45.

Lichtzerſtreuer der früheren Elektrizitäts-Aktiengeſellſchaft vormals *Schuckert & Co.* zu Nürnberg.

$^1/_{20}$ w. Gr.

140. Deckenreflektoren von *Siemens & Halske.*

Verwandt mit der eben vorgeführten Einrichtung ſind die »Deckenreflektoren« der früheren Firma *Siemens & Halske* zu Berlin.

Eine ſolche Vorrichtung beſitzt eine koniſche ſpiegelnde Fläche aus nickelplattiertem Stahlblech. Sie iſt oben durch ſechs mattierte Glasſcheiben abgedeckt, deren jede ſich um den äuſseren Rand aufklappen läſst. Reflektor und Abdeckung ſind am oberen Teile des Beleuchtungskörpers aufgehängt, und zwar mit zwei Oeſen, die in entſprechende, vom Armaturring getragene Haken greifen. Der Zuſammenhang zwiſchen Spiegel und Deckel wird noch durch drei Tragſtützen geſichert.

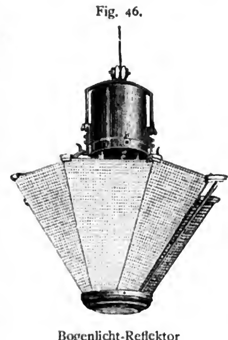
141. Lichtzerſtreuer von *Wahlſtröm.*

Für elektriſches Bogenlicht iſt die von *Wahlſtröm* konſtruierte Lichtzerſtreuungsvorrichtung (Bogenlichtreflektor oder Diffuſor), welche der »Maſchinenfabrik Eſslingen, Abteilung für Elektrotechnik«, patentiert wurde und namentlich in Räumen von geringer Höhe, die mit Bogenlicht erhellt werden ſollen, mit gutem Erfolge zur Anwendung gekommen iſt. Sie iſt im weſentlichen eine Umbildung des in Art. 138 (S. 107) bereits beſprochenen *Elſter*'ſchen Lichtzerſtreuers und unterſcheidet ſich von den ſeither vorgeführten Einrichtungen dadurch, daſs nicht allein die Raumdecke, ſondern auch ein groſser Teil der Umfaſſungswände reflektierend wirkt.

[103]) Nach freundlichen Mitteilungen der früheren Elektrizitäts-Aktiengeſellſchaft vormals *Schuckert & Co.* zu Nürnberg.

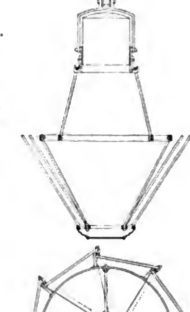
Der *Wahlström*'schen Einrichtung liegt der Gedanke zu Grunde, mit dem hauptsächlich von der Decke und den Wänden reflektierten indirekten Licht auch eine direkte Erhellung zu verbinden; da jedoch letztere in möglichst zerstreutem Licht bestehen muss, so wurden Gläser, welche mit Prismen versehen sind, zur Umhüllung der Lichtquelle verwendet. Wie aus Fig. 46 hervorgeht, sind diese Gläser in Form einer umgekehrten Pyramide angeordnet, und zwar so, dass die einzelnen Gläser an den Kanten einander überragen; hierdurch wird verhütet, dass das direkte Licht zwischen den Gläsern austritt. Die Kanten der Gläser sind nicht mit Fassungen versehen, die Schatten werfen würden, sondern sind nur am oberen und unteren Rande festgehalten (Fig. 47). Durch diese Konstruktion soll eine völlig gleichmässige Erhellung und Vermeidung jeglicher Schatten erzielt werden.

Fig. 46.



Bogenlicht-Reflektor von *Wahlström*.

Fig. 47.



$^{1}/_{15}$ w. Gr.

Wie die unten genannte Quelle[104]) berichtet, wurden Ende 1893 in der neuen Fortbildungsschule zu Cannstatt 5 Zeichensäle, welche für je 40 Schüler bestimmt sind, im Mittel 106 qm Fussbodenfläche und nur 3,40 m Höhe haben, deren Wände und Decken hell angestrichen sind, mit solchen Lichtzerstreuern versehen. Wegen der Lichtverteilung konnten bei der geringen Höhe der Säle Bogenlampen mit gewöhnlichen Glasglocken keine Anwendung finden. Hätte man die in Art. 132 u. 133 (S. 104 bis 106) vorgeführten, nach oben geöffneten, aus Blech hergestellten, innen weiss angestrichenen Kegelreflektoren anbringen wollen, so hätte man den auf den Zeichenplätzen erforderlichen Helligkeitsgrad nur dann erreichen können, wenn man Bogenlampen von etwa 14 bis 20 *Ampere* (1400 bis 2000 Kerzenstärken) genommen hätte. Statt dessen ordnete man in jedem Zeichensaal 2 Bogenlampen von je 7 *Ampere* (600 bis 700 Normalkerzen) an, deren Lichtpunkt sich 1,00 m unterhalb der Decke oder 2,35 m über dem Fussboden befindet. Das Ergebnis soll ein äusserst günstiges, die Lichtverteilung überall eine nahezu ganz gleichmässige sein.

142. Deckenanstrich

Schliesslich sei noch bemerkt, dass bei den vorstehend vorgeführten Beleuchtungsarten mindestens die Decke des zu erhellenden Raumes einen rein weissen und matten Anstrich erhalten muss. Da auch die oberen Teile der Wände reflektierend wirken, so setze man diesen Anstrich, wo es angeht, auch dorthin fort.

Da von einem solchen Anstrich der Erfolg der in Rede stehenden Beleuchtungsweise wesentlich abhängt, so muss man ihn häufig erneuern.

---

104) Gewbbl. aus Württemberg 1894, S. 122.

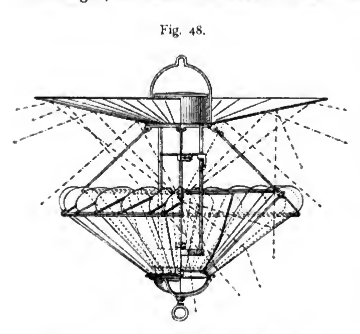
2) Lichtzerftreuung mittels befonderer Reflektoren.

143.
Allgemeines.

Aufser den im vorhergehenden befchriebenen Vorrichtungen gibt es auch noch einige andere, bei denen Saaldecke und Umfaffungswände entweder gar nicht oder in nur untergeordneter Weife zur Lichtzerftreuung herangezogen werden. Sie kommen namentlich dann in Frage, wenn der Raum ungewöhnlich hoch ift und es im Intereffe der tunlichften Ausnutzung der Lichtquelle unzweckmäfsig wäre, die letztere nahe an der Decke anzubringen, oder wenn der erforderliche weifse Deckenanftrich nicht angängig ift, oder wenn die Saaldecke ein grofses verglaftes Deckenlicht befitzt, oder wenn gar keine eigentliche Saaldecke (nur die Dachkonftruktion) vorhanden ift u. f. w.

Sämtliche in Art. 131 bis 141 (S. 103 bis 110) vorgeführten Lichtzerftreuungseinrichtungen, bei denen die Raumdecke als Reflektor dient, können bei niedrigerer Aufhängung der Lichtquelle auch derart umgebildet werden, dafs man in einiger Höhe über letzterer einen befonderen wagrechten Reflektor aus Metall anbringt; diefer kann völlig eben oder flach kegelförmig geftaltet fein. Fig. 48[105]) zeigt eine folche Anordnung bei einem *Elfter*'fchen Lichtzerftreuer.

Fig. 48.



Lichtzerftreuer von *S. Elfter* zu Berlin[105]).

144.
Lichtzerftreuer von *Hrabowsky*.

Eine gröfsere Zahl fehr finnreicher Lichtzerftreuer rührt von *Hrabowsky* her. Zwei etwas ältere Konftruktionen von bezüglichen Einrichtungen find in der unten genannten Zeitfchrift[106]) befchrieben; davon kann die eine fowohl für elektrifches Bogenlicht, als auch für Gasintenfivlampen benutzt werden; die andere ift nur für elektrifche Bogenlampen mit feftftehendem Brennpunkt, welche die pofitive Kohle oben tragen, beftimmt.

Eine neuere Konftruktion, der »Oberlichtreflektor Syftem *Hrabowsky*«, ift patentiert und das Patent im Befitz der früheren Firma *Siemens & Halske* zu Berlin.

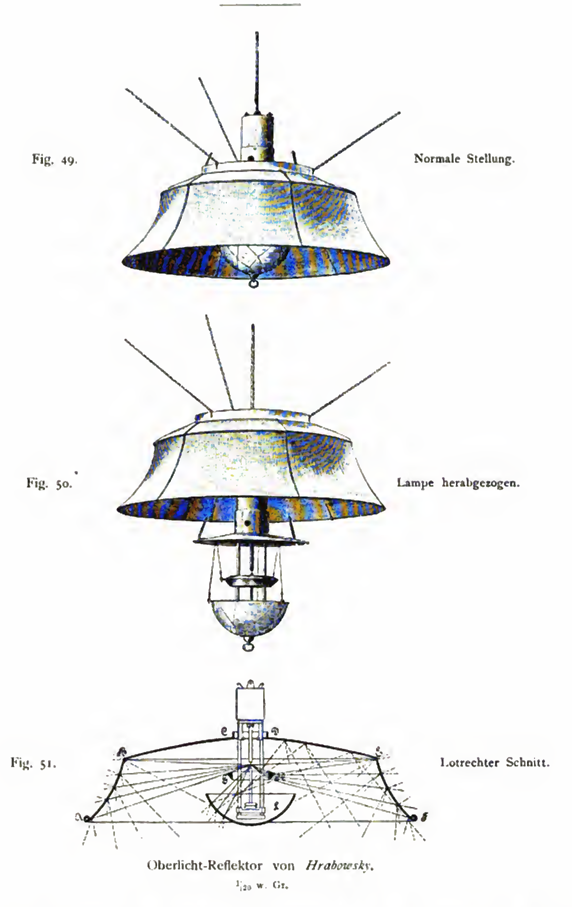
Hrabowsky unterfuchte zunächft die eigenartige Lichtverteilung bei elektrifchen Bogenlampen. Er fand, dafs die Lichtmenge, welche unter einem Winkel von mehr als 20 Grad über der Wagrechten nach oben geht, ganz unbedeutend ift und etwa nur 6 Vomhundert des Gefamtlichtes beträgt. Das gleiche findet bei derjenigen Lichtmenge ftatt, welche mehr als 70 Grad unter der Wagrechten ausgefendet wird, da an diefer Stelle die Kohlenfchatten ftören. Hingegen beträgt die Lichtmenge, die von der Wagrechten bis 25 Grad unter letztere herabgeht, 25 Vomhundert und diejenige, welche von 25 bis 45 Grad ausgefendet wird, 42 Vomhundert des gefamten Lichtes.

Diefe eigenartigen Erfcheinungen bilden die Grundlage der Konftruktion des *Hrabowsky*'fchen Lichtzerftreuers.

Diefer befteht aus einer Glocke (Fig. 49 bis 51), deren nach unten konkave Decke *BE* weifs angeftrichen und mit der elektrifchen Bogenlampe feft verbunden

[105]) Fakf.-Repr. nach: Journ. f. Gasb. u. Waff. 1891, S. 270.

[106]) Elektrotechn. Zeitfchr. 1892, S. 150.



Oberlicht-Reflektor von *Hrabowsky*.

$^1/_{20}$ w. Gr.

ift. Der trichterförmige Mantel der Glocke befteht aus einem Drahtgeftell, welches mit weifsem Stoff überzogen ift. An der Glockendecke hängt ein verftellbarer Glasring *GH*, der im Querfchnitt dreieckig geftaltet ift und den Lichtbogen umgibt. Unter der Lampe hängt eine Blende *L* mit Afchenteller aus Opalglas.

Die Lichtſtrahlen, welche von oben bis 25 Grad Neigung herabkommen, werden, wie die linksſeitige Hälfte von Fig. 51 (gegen *AB* zu) zeigt, vom reflektierenden Glockenmantel unmittelbar aufgefangen und nach unten geworfen; ſie umfaſſen 39 Vomhundert der geſamten Lichtmenge. Die Lichtſtrahlen, welche 25 bis 45 Grad Neigung zur Wagrechten haben und 42 Vomhundert Lichtmenge aufweiſen, durchlaufen den prismatiſchen Glasring und werden von dieſem gleichfalls auf den reflektierenden Glockenmantel geworfen, wie dies die rechtsſeitige Hälfte von Fig. 51 (gegen *EF* zu) veranſchaulicht; von da aus werden ſie gleichfalls nach unten zurückgeworfen. Die Lichtſtrahlen endlich, welche 45 bis 70 Grad Neigung beſitzen und 19 Vomhundert der geſamten Lichtmenge enthalten, treffen die Opalglasblende *L*; zum Teile gehen ſie durch dieſe Blende nach unten durch; zum anderen Teile werden ſie nach der reflektierenden Glockendecke und von dieſer aus nach unten geworfen.

Im Glasring ſollen etwa 10 Vomhundert des Geſamtlichtes verloren gehen; deſſenungeachtet trifft noch nahezu zwei Drittel der geſamten Lichtmenge die als Reflektor wirkende Glocke. Das in den Raum geworfene Licht iſt ein ſehr gleichmäſsig zerſtreutes; der Lichtbogen kann von keinem Sitzplatze aus geſehen werden.

145. Diffuſer der A. E.-G.

Gleichen Zwecken wie die eben beſchriebene Vorrichtung dient der »Diffuſer« der Allgemeinen Elektrizitäts-Geſellſchaft zu Berlin (Fig. 52 [107]). Ueber der Bogenlampe (Fig. 52 bis 54) befindet ſich ein kegelförmiger Reflektor *B*, der mit konzentriſch zur Lichtquelle C_3 angeordneten Wellen verſehen iſt; dieſe Wellen haben gleiche radiale Länge, aber von der Kegelſpitze nach auſsen zunehmende Höhe. An den äuſseren Rand dieſes Reflektors läſst ſich noch ein zweiter, nach der Lichtquelle zu konkav gekrümmter Reflektor *D* (Fig. 53) anſchlieſsen, durch den die über die äuſserſten Wellenringe hinausgehenden Lichtſtrahlen in ungefähr gleicher Richtung mit den vom Reflektor *B* kommenden Strahlen zurückgeworfen werden ſollen. Hierdurch wird eine ſtets gleichmäſsige, von der Stellung des Lichtbogens unabhängige Verteilung des von der Lampe ausgeſtrahlten Lichtes herbeigeführt.

Der lotrechte Schnitt in Fig. 54 veranſchaulicht die Lampe mit dem Reflektor *B* und die Wege der letzteren treffenden Strahlen. Fig. 53 zeigt, wie der Unterrand des Auſsenreflektors *D* ſich abwärts bis zu der durch die geometriſche Spitze des Kegelreflektors *B* gelegten wagrechten Ebene erſtreckt, ebenſo den Weg der vom erſteren zurückgeworfenen Lichtſtrahlen. Ein beſtimmter Teil der Lichtſtrahlen (*1* in Fig. 53) trifft die tiefergelegenen Stellen der ringförmigen Wellen der Kegelfläche *B* und wird von dieſer in den zu erhellenden Raum geworfen. Andere Strahlen (*2*) treffen die innere Fläche des Schirmes C_5, werden von hier nach oben auf den Reflektor *B* und von dieſem nach dem unter der Lampe befindlichen Raume geworfen. Wenn die Kegelfläche *B* nicht gewellt wäre, würden alle erwähnten Lichtſtrahlen unter ſo groſsem Winkel reflektiert werden, daſs ſie für die gewünſchte Erhellung nutzlos ſein würden. Die über den Rand des Schirmes hinausgehenden, die gewellte Kegelfläche *B* nicht treffenden Strahlen (*3*) treffen den konkaven Reflektor *D* und werden von dieſem nach unten in den zu erhellenden Raum geworfen.

Der vom unteren Rande des Reflektors *D* nach oben ſich erſtreckende Teil D_1 kann beliebig geſtaltet ſein.

Die Lampe wird mittels eines Hakens *C* oder dergl. an einem geeigneten Konſtruktionsteil der Decke, des Daches u. ſ. w. aufgehängt. Der Reflektor *B* kann aus Blech oder aus irgend einem geeigneten, das Licht zurückwerfenden Material hergeſtellt werden, am beſten und einfachſten aus weiſs emailliertem Eiſenblech, das ſich leicht reinigen läſst.

---

107) D. R.-P. Nr. 165 206.

Fig. 52.

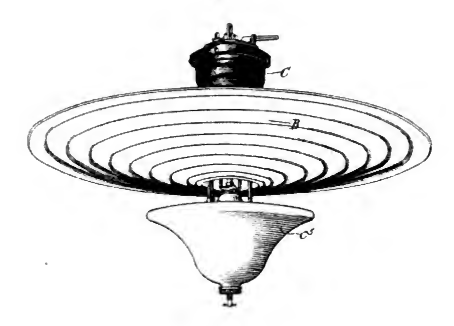


Fig. 53.

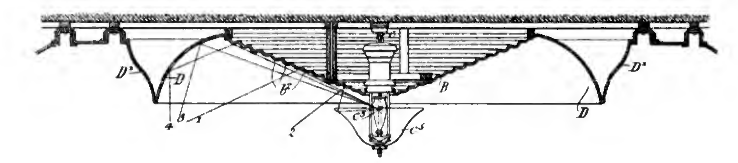
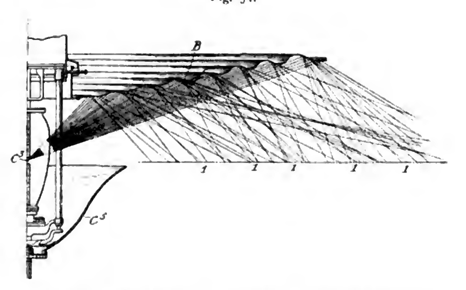


Fig. 54.



Diffuser der Allgemeinen Elektrizitäts-Gesellschaft
zu Berlin.

c) Einfall des zerſtreuten Lichtes von der Seite her.

146.
Aeltere Einrichtungen.

Die in Rede ſtehenden Lichtzerſtreuer ſind nicht allein in der ſeither beſchriebenen Form, durch welche eine künſtliche Erhellung von oben geſchaffen wird, konſtruiert worden, ſondern auch derart, daſs ſie an einer Umfaſſungswand angebracht werden können und von da aus künſtliches zerſtreutes Seitenlicht in den Raum werfen. Die wohl älteſte Vorrichtung dieſer Art rührt von der Firma *S. Elſter* zu Berlin her, und bei dieſer iſt eine ganz ähnliche Anordnung von Glaslamellen zu finden, wie bei den bereits in Art. 138 (S. 107) beſchriebenen Lichtzerſtreuern; in der dort angegebenen Quelle ſind die betreffenden Abbildungen zu finden.

147.
Lichtzerſtreuer von *Hrabowsky*.

Eine neuere Einrichtung, der »Seitenlichtapparat für Bogenlampen«, rührt gleichfalls von ***Hrabowsky*** her; das bezügliche Patent beſitzt die Allgemeine Elektrizitäts-Geſellſchaft zu Berlin.

Fig. 55.

Seitenlichtvorrichtung für Bogenlampen von *Hrabowsky*.

Dieſer Lichtzerſtreuer (Fig. 55) beſteht aus zwei Reflektoren, welche ſchräg an einer Seitenwand und exzentriſch zueinander angeordnet ſind. Der Hauptreflektor iſt *abcd*; der kleinere Reflektor *efgh* beſteht aus verſchieden transparentem Material; in ſeiner Mitte *o* befindet ſich der Leuchtpunkt der Bogenlampe. Durch die exzentriſche Anordnung der Reflektoren und der verſchiedenen Transparenz iſt die Eigentümlichkeit des elektriſchen Gleichſtrom-Bogenlichtes, vorzugsweiſe nach einer Seite auszuſtrahlen, möglichſt berückſichtigt. Durch über Rollen laufende Schnüre läſst ſich die Vorrichtung beliebig verſtellen.

Ein Teil des vom Lichtbogen ausgeſtrahlten Lichtes fällt auf den Hauptreflektor und wird von dieſem in den Raum geworfen; ſo z. B. die Strahlen *oi* und *oc* in Fig. 55. Der zweite Teil der Lichtſtrahlen, z. B. *op* und *or* in Fig. 55, fällt auf den Transparentreflektor *fg* und wird von dieſem entweder durchgelaſſen oder auf den Hauptreflektor geworfen (*pl* und *rk*); der letztere reflektiert dieſes Licht wieder in den Raum.

Aeuſserlich erſcheint dieſe Einrichtung wie ein groſser Leuchtkörper, der an allen Seiten gleich hell iſt und in der Mitte eine etwas hellere Stelle hat. Die Helligkeit der letzteren kann man durch Einlegen von Platten aus mattem Glas oder anderen transparenten Scheiben beliebig verändern, ſo daſs man die Schatten, welche die ganze Erhellungseinrichtung liefert, weicher oder härter machen kann.

Die in Rede ſtehende Einrichtung wird auch für zwei Bogenlampen ausgeführt, wodurch der Vorteil erzielt wird, daſs völlige Gleichmäſsigkeit des Lichtes entſteht. Für den Fall nämlich, daſs die eine Lampe durch Störungen beeinfluſst werden ſollte, würde die andere entſprechend ſtärker leuchten, ſo daſs die Summe des Lichtes immer die gleiche iſt. Gutem Tageslicht gegenüber hat eine ſolche Vorrichtung den erheblichen Vorteil, daſs die von der Lichtquelle entfernteren Stellen des Raumes bei letzterer verhältnismäſsig beſſer erhellt ſind als bei erſterem. Während das Tageslicht am Fenſter eines gewöhnlichen Raumes etwa 100mal ſo hell iſt als an der gegenüberliegenden Wand, iſt das Licht bei einem ſolchen Zerſtreuer an der hellſten Stelle nur 5mal ſo hell als an einer Stelle, die 9,00 m davon entfernt liegt.

Literatur
über »Indirekte Beleuchtung«.

BURGERSTEIN, L. Zur künftlichen Beleuchtung der Schulzimmer. Zeitfchr. f. Schulgefundheitspfl. 1889, S. 17.

Blend-Scheinwerfer von *S. Elfter* in Berlin. Deutfche Bauz. 1891, S. 117.

Künftliches Oberlicht. Journ. f. Gasb. u. Waff. 1891, S. 268.

RENK, F. Ueber die künftliche Beleuchtung von Hörfälen. Preisverkündigungsprogramm der Univerfität Halle a. S. 1892.

MENNING, F. Ueber indirekte Beleuchtung. Gefundh.-Ing. 1892, S. 273, 313.

FRIEDRICH, K. *Hrabowsky*'fche Beleuchtung für gefchloffene Räume mittels Bogenlicht. Elektrotechn. Zeitfchr. 1892, S. 148.

COHN, H. Ueber künftliche Beleuchtung von Hör- und Operationsfälen. Deutfche medicin. Wochfchr. 1893, S. 621.

Auerlichtbeleuchtung in den Inftituten der Univerfität Halle a. S. Centralbl. d. Bauverw. 1894, S. 207.

Elektrifche Beleuchtung der Zeichenfäle der neuen Fortbildungsfchule zu Cannftatt. Gwbebl. aus Württemberg 1894, S. 122.

PELZER, F. Studien über indirekte Beleuchtung. Inaugural-Differtation etc. Halle 1893.

KERMAUER & PRAUSNITZ. Archiv f. Hygiene, Bd. 29, S. 17. Journ. f. Gasb. u. Waff. 1897, S. 149.

Fortfchritte auf dem Gebiete der Architektur. Nr. 4: Hochfchulen mit befonderer Berückfichtigung der indirekten Beleuchtung von Hör- und Zeichenfälen. Von E. SCHMITT. Darmftadt 1894.

RENK, F. Die neue Beleuchtung der Univerfitäts-Auditorien in Halle a. S. Berlin 1894.

GAHÉRY, P. *Éclairage par réflexion. Le génie civil*, Bd. 23, S. 49.

NERZ, F. Ueber die Beleuchtung von Räumen mit Bogenlicht. Elektrotechn. Zeitfchr. 1894, S. 478. Polyt. Journ., Bd. 294, S. 112.

Die Beleuchtung von Räumen mit Bogenlicht (nach *F. Nerz*). Gefundh.-Ing. 1895, S. 369.

Diffufor für elektrifche Bogenlampen (Syftem *Wahlftröm*). Gefundh.-Ing. 1896, S. 128.

DARGELOS, J.-A. *Éclairage artificiel des falles d'étude à l'aide de la lumière diffufe. Annales d'hygiène*, 3. Serie, Bd. 36, S. 105.

Verwendung elektrifcher Bogenlicht-Beleuchtung. Deutfche Bauz. 1897, S. 85.

Die Beleuchtung der Univerfitäts-Auditorien in Halle. Deutfche Bauz. 1897, S. 124.

KERMAUER, F. & W. PRAUSNITZ. Unterfuchungen über indirecte (diffufe) Beleuchtung von Schulzimmern, Hörfälen und Werkftätten mit *Auer*'fchem Gasglühlicht. Journ. f. Gasb. u. Waff. 1897, S. 577, 594, 610.

Unterfuchungen über indirecte (diffufe) Beleuchtung von Schulzimmern, Hörfälen und Werkftätten mit *Auer*'fchem Gasglühlicht. Archiv f. Hygiene, Bd. 29, S. 107.

KERMAUER & PRAUSNITZ. *L'éclairage indirect dans les écoles. La technologie fanitaire* 1897, S. 261.

Oberlichtreflector Syftem *Hrabowski*. Nachrichten von *Siemens & Halske* Aktiengefellfchaft 1897, Nr. 27; 1898, Nr. 4.

SCHUBERT, P. Ueber künftliche Beleuchtung vom augenärztlichen Standpunkt. Journ. f. Gasb. u. Waff. 1898, S. 498, 531.

BAYR, E. Ueber Beleuchtungsverfuche in Lehrzimmern mit direkter und indirekter Beleuchtung bei Anwendung von Gas- und Gasglühlicht, elektrifchen Glüh- und Bogenlichtlampen. Zeitfchr. f. Schulgefundheitspfl. 1898, S. 129.

WIST, J. Ueber die diffufe Beleuchtung von Hör- und Zeichenfälen. Zeitfchr. f. Schulgefundheitspfl. 1899, S. 141.

PRAUSNITZ, W. Ueber die Beleuchtung von Zeichenfälen. Journ. f. Gasb. u. Waff. 1899, S. 173, 191.

Indirekte Beleuchtung von Schul- und Zeichenfälen mit Gas- und elektrifchem Bogenlicht etc. München 1905.

Indirekte Beleuchtung von Schul- und Zeichenfälen. Techn. Gemeindebl., Jahrg. 8, S. 157.

Diffufer für indirekte Beleuchtung mit Bogenlampen. Beil. 41 zur Deutfchen Bauz. 1906, S. 161.

Diffufer für indirekte Beleuchtung von der Allgemeinen Elektricitäts-Gefellfchaft in Berlin. UHLAND's Techn. Rundfchau, Ausg. II, 1906, S. 82.

Kegelförmiger Lampenreflektor mit konzentrifchen Wellen. Zentralbl. d. Bauverw. 1907, S. 192.

C. Heizung und Lüftung der Räume.

Von Dr. HERMANN FISCHER.

148.
Zweck
der Heizung
und Lüftung.

Das Beftreben, lebende Wefen wie leblofe Dinge gegen die Einflüffe der Atmofphäre möglichft zu fchützen, fie vom Wechfel des Wetters unabhängig zu machen, führte zur Herftellung mehr oder weniger gefchloffener Wohn-, Werkftätten-, Lager- u. f. w. Räume.

Die Wände, Decken u. f. w. diefer Räume vermögen ihren Inhalt ohne weiteres gegen Regen und Wind, wie gegen die Macht der Sonnenftrahlen zu fchützen; nicht aber find fie im ftande, die Unannehmlichkeiten zu befeitigen, welche der Temperaturwechfel der Atmofphäre im Gefolge hat. Es gibt Stoffe, welche für Waffer, Luft und Licht undurchläffig find, nicht aber folche, welche den Durchgang der Wärme verhüten könnten. So ift man gezwungen, fofern man in einem gefchloffenen Raume eine vom Zuftande der Atmofphäre unabhängige Temperatur fich fchaffen will, in diefem Raume Wärme freizumachen oder zu binden, Einrichtungen zu fchaffen, welche nach Bedarf erwärmend oder abkühlend wirken.

Der Stoffwechfel der Warmblüter erfordert eine beftimmte Temperatur des Blutes (Blutwärme der Menfchen: 36,0 bis 37,5 Grad), die nur wenig über- oder unterfchritten werden darf, wenn Störungen des Lebensvorganges vermieden werden follen. Sie wird unterhalten durch fortwährende Wärmezufuhr, herrührend von der Verbrennung der abgängigen Körperteile, und durch fortwährende Wärmeabfuhr von der Oberfläche der hierzu geeigneten Hautteile. Die Wärmeabfuhr fetzt einen Temperaturüberfchufs voraus; da der Stoffwechfel ununterbrochen Wärme freimacht, fo mufs die Temperatur des Körpers diejenige der ihn umgebenden Luft um eine beftimmte, von der Wärmezufuhr abhängige Gröfse überragen. Die Entwärmung des Körpers, ihr Mafs und ihre Art find von fo erheblichem Einflufs auf den Stoffwechfel, dafs ihre Fehler den letzteren teilweife oder ganz zu ftören vermögen.

Es ift hier nicht der Ort, die Erfcheinungen zu erörtern, welche eine gröfsere oder geringere Entwärmung der einzelnen Körperteile hervorrufen; Bekleidung und Gewohnheiten regeln in diefer Beziehung. Für den vorliegenden Zweck genügt es, als Ziel der Heizung eine zutreffende Entwärmung der Körper zu bezeichnen. Die Wärmeabfuhr erfolgt teilweife durch Verdunftung, teils durch Berührung der kühleren Luft mit der wärmeren Haut, teils durch Strahlung gegenüber der Luft, den Wänden und anderen Flächen des betreffenden Raumes. Ihr Erfolg hängt daher ab von der Temperatur der den Körper umgebenden Luft, fowie von der Temperatur der Wände und fonftigen Gegenftände, welche fich in der Nähe des in Frage kommenden Körpers befinden.

Die Aufgabe der Heizung läfst fich hiernach in die folgenden zwei Sätze zufammenfaffen:

1) Der Inhalt wie die Einfchliefsungsflächen eines Raumes find auf beftimmte Temperaturen, welche nicht unter fich gleich zu fein brauchen, zu erwärmen, bezw. abzukühlen;

2) nach Erreichung der geforderten Temperaturen find diefe dauernd zu erhalten, entweder durch Wärmezufuhr oder -Abfuhr.

Die oben erwähnte Verbrennung der abgängigen Körperteile entzieht der Luft Sauerftoff und führt ihr Kohlenfäure und Wafferdampf zu. Aufserdem finden Gasbildungen, bezw. Luftverunreinigungen ftatt, die weniger leicht oder gar nicht zu verfolgen find, und — teils, weil man fie nicht kennt — im Verdacht befonderer Gefährlichkeit ftehen. Endlich ftammen Verunreinigungen der Luft her von Zerfetzungen des Schmutzes, von den Mitteln, welche zur künftlichen Beleuchtung benutzt werden, und von den Arbeitsvorgängen, die im betreffenden Raume ftattfinden. —

Der ordnungsmäfsige Verlauf des Stoffwechfels erfordert Unfchädlichmachung der genannten Luftverunreinigungen. Diefem Zwecke dient die Lüftung oder Ventilation, indem diefe entweder:

3a) die nicht atembaren Gafe oder fonftigen Gebilde, welche geeignet find, die Luft zu verunreinigen, unter gleichzeitigem Erfatz der verbrauchten reinen Luft abführt, bevor fie Gelegenheit hatten, fich der Luft beizumifchen, oder

3b) die Verunreinigung durch Zuführen fog. reiner Luft (Zuluft) und Abführen einer entfprechenden Menge verunreinigter Luft (Abluft) auf ein zuläffiges Mafs verdünnt.

Man bemerkt, dafs die Lüftung nicht ohne die Heizung beftehen kann, indem die zuzuführende Luft, welche dem Freien entnommen werden mufs, in der Regel eine andere Temperatur hat als diejenige des zu lüftenden Raumes.

149.
Mittel
zur
Erwärmung.

Das einfachfte Mittel zum Erwärmen eines gefchloffenen Raumes ift das offene Feuer, welches feine Wärmeftrahlen teils der Luft unmittelbar fendet, teils auf die zu erwärmenden Körper wirft und durch Vermittelung diefer die Luft erwärmt. Es wird als Luxusgegenftand noch heute in Geftalt der fog. Kamine verwendet.

Die Alten, wenigftens die Römer, heizten ihre Bäder — in den Wohnungen fcheint das Bedürfnis einer Heizung felbft zur Glanzzeit des alten Rom wenig empfunden worden zu fein, was fich aus dem milden Klima erklärt — indem fie die im Feuerraum (Hypocaufis) entwickelten Rauchgafe durch einen niedrigen, unter dem Steinfufsboden befindlichen Raum (das Hypocauftum) und von diefem aus in zahlreichen lotrechten, in den Wänden angebrachten Schächten über Dach führten. Sie erwärmten fomit die Einfchliefsungsflächen des Raumes und namentlich feinen Fufsboden. Diefes Heizungsverfahren hat, trotz lebhafter Fürfprache [108]) und trotz einiger Vorzüge, bisher fich nicht wieder einzuführen vermocht, da für die meiften Fälle erhebliche Mängel die Vorzüge diefer Heizungsart bei weitem überragen.

Bei näherem Hinfchauen bemerkt man überdies, dafs felbft in diefen altrömifchen Bädern höchftens die Hälfte der Einfchliefsungsflächen erwärmt wird;

[108]) Siehe: Berger, J. Moderne und antike Heizungs- und Ventilationsmethoden. Berlin 1870.

der Reft läfst Wärme nach aufsen abfliefsen, welche nur von der fie befpülenden Luft geliefert werden kann.

So findet man in der alten Fufsboden- und Wandheizung bereits das zur Zeit allgemein gebräuchliche Mittel zur Erwärmung der Einfchliefsungsflächen, wie des Inhaltes gefchloffener Räume: die Lufterwärmung, im Gebrauch.

Die Luft fpielt hierbei die Rolle eines Wärmeträgers und -Verteilers; fie entnimmt die Wärme den fog. Heizflächen, welche fich innerhalb oder aufserhalb des zu heizenden Raumes befinden können, und verteilt fie fchliefslich an alles in dem betreffenden Raume zu Erwärmende. Vermöge ihrer grofsen Beweglichkeit vermag fie den angedeuteten Dienft auf gröfsere Entfernungen zu verrichten und ermöglicht damit die Erwärmung eines Raumes und feiner Einfchliefsungsflächen von einer verhältnismäfsig kleinen Wärmequelle, den Heizflächen aus.

Sofern die Heizflächen in dem zu heizenden Raume untergebracht find, läfst man ihre Wärmeftrahlen nicht felten unvermittelt in den Raum treten. Diejenigen Wärmeftrahlen, welche den Körper eines lebenden Gefchöpfes treffen, beeinfluffen diefen einfeitig, weshalb fie auf die Dauer höchft läftig werden können. Jedoch wird von einigen Perfonen behauptet, dafs eine gewiffe Wärmeftrahlung, wenn nicht das Wohlbefinden fördernd, fo doch angenehm fei, weshalb der unvermittelten Wärmeftrahlung neben der Lufterwärmung nicht jede Berechtigung abgefprochen werden kann.

Die erfte Aufgabe zur Erreichung obengenannter Ziele ift die Beftimmung derjenigen Wärmemenge, welche den Räumen zugeführt, bezw. entzogen werden mufs, fowie die Unterfuchung, welche Mengen von Luftverunreinigungen zu befeitigen find. Erft nach Löfung diefer Vorfragen können die zum Erreichen des Verlangten dienenden Mittel ihrer Art und ihrem Umfange nach näher beftimmt werden.

Die Mittel zum Erreichen einer genügend reinen Luft find in den auf S. 118 unter 3a u. 3b angeführten Sätzen vorläufig genügend gekennzeichnet.

Literatur.

Bücher über »Heizung und Lüftung im allgemeinen«.

PÉCLET, E. *Traité de la chaleur confidérée dans fes applications.* Paris 1828. — 3. Aufl. 1861. — Deutfch von C. HARTMANN. Neue (Titel-)Ausg. Leipzig 1866.

MEISSNER, P. T. Die Heizung mit erwärmter Luft. 3. Aufl. Wien 1826.

HEIGELIN, C. M. Handbuch der Heizung. Stuttgart 1827.

WHITWELL, S. *On warming and ventilating houfes and buildings etc.* London 1834.

INMAN, W. S. *Principles of ventilation, warming, and the transmiffion of found.* London 1836.

TREDGOLD, TH. *Principles of warming and ventilating public buildings.* London 1836. — Deutfch von KÜHN. Leipzig 1837.

TREDGOLD, TH. *Treatife on warming and ventilating.* London 1842.

PÉCLET, E. *Nouveaux documents relatifs au chauffage et à la ventilation des établiffements publics etc.* Paris 1843. — Deutfch von C. HARTMANN. 2. Aufl. Weimar 1863.

REID, D. B. *Illuftrations of the theory and practice of ventilation.* London 1844.

BERNAN, W. *The hiftory of the art of warming and ventilating rooms and buildings.* London 1845.

HOOD, CH. *On warming buildings and on ventilation.* London 1846.

BURN, R. S. *Practical handbook of the ventilation of public, private and agricultural buildings.* London 1849. — Deutfch von C. HARTMANN. Leipzig 1851.

HOOD, CH. *A practical treatife on warming buildings by hot water, fleam, and hot air, on ventilation etc.* Neue Ausg. London 1855. — 6. Aufl. 1885.

PETTENKOFER. Ueber den Luftwechfel in Wohngebäuden. München 1859.

ARTMANN, F. Allgemeine Bemerkungen über Ventilation und die verfchiedenen auf die Güte der Luft Einflufs nehmenden Verhältniffe. Prag 1860.

WOLPERT, A. Principien der Ventilation und Heizung. Braunfchweig 1860.

SCHINZ, C. Die Heizung und Ventilation in Fabrikgebäuden etc. Stuttgart 1861.

WEISS, TH. Allgemeine Theorie der Feuerungsanlagen. Zürich 1862.

RITCHIE, C. E. *A treatife on ventilation natural and artificial.* London 1862.

REDTENBACHER, F. Der Mafchinenbau. Band 2. Mannheim 1863.

RUTTER, H. *Ventilation and warming of buildings.* New York 1863.

MORIN, A. *Études fur la ventilation.* Paris 1863.

VALÉRIUS, H. *Les applications de la chaleur, avec un expofé des meilleurs fyftèmes de chauffage et de ventilation.* Brüffel 1866. — 3. Aufl. Gent 1880.

JOLY, V. CH. *Traité pratique du chauffage, de la ventilation et de la diftribution des eaux dans les habitations particulières.* Paris 1868.

LEEDS, W. *Lectures on ventilation: being a courfe delivered in the Franklin Inftitute of Philadelphia, during the winter of 1866—67.* New York 1868.

WEBER, K. Luft und Licht in menfchlichen Wohnungen. Vortrag in der Reihe der von dem »Frauenverein für Krankenpflege« veranftalteten populären Vorlefungen. Darmftadt 1869.

CASTAREDE-LABARTHE, P. *Du chauffage et de la ventilation des habitations privées.* Paris 1869.

DEGEN, L. Praktifches Handbuch für Einrichtungen der Ventilation und Heizung von öffentlichen und Privatgebäuden etc. München 1869. — 2. Aufl. 1878.

EDWARDS, F. *The ventilation of dwelling houfes.* London 1869. — 2. Aufl. 1880.

GROTHE, H. Die Brennmaterialien und die Feuerungsanlagen für Fabrik, Gewerbe und Haus. Weimar 1870.

Sammlung gemeinverftändlicher wiffenfchaftlicher Vorträge. Herausg. von R. VIRCHOW & F. v. HOLTZENDORF. Heft 112: Moderne und antike Heizungsmethoden. Von J. BERGER. Berlin 1870.

TRONQUOY, G. *Un chapitre fur le chauffage et la ventilation.* Paris 1871.

LEEDS, L. W. *Treatife on ventilation: feven lectures in Philadelphia. 1866—68.* New York 1871. — Neue Aufl. Philadelphia 1876.

Recherches fur la ventilation naturelle et fur la ventilation artificielle. Brüffel 1873.

BUTLER, W. F. *Ventilation of buildings.* London 1873.

MORIN, A. *Salubrité des habitations. Manuel pratique du chauffage et de la ventilation.* Paris 1874.

GRASHOF, F. Theoretifche Mafchinenlehre. Band 1: Mechanifche Wärmetheorie, Hydraulik. Heizung. Leipzig 1875.

BOSC, E. *Traité complet théorétique et pratique du chauffage et de la ventilation des habitations particulières et des édifices publics.* Paris 1875.

MUNDE, C. Zimmerluft, Heizung und Ventilation etc. Leipzig 1876. — 2. Aufl. 1877.

FERRINI, R. Technologie der Wärme, Feuerungsanlagen, Oefen, Heizung und Ventilation der Gebäude etc. Deutfch von M. SCHRÖTER. Jena 1877.

Bericht über die Weltausftellung in Philadelphia 1876. Herausgegeben von der Oefterreichifchen Commiffion. Heft 17: Heizung, Ventilation und Wafferleitungen. Von L. STROHMAYER. Wien 1877.

STROTT, G. K. Ventilation und Desinfection der Wohnräume, nebft Confervirung der in Wohnhäufern vorkommenden organifchen Körper. Holzminden 1877.

HAESECKE, E. Theoretifch-praktifche Abhandlung über Ventilation in Verbindung mit Heizung. Berlin 1877.

C. L. STARBE's Preisfchrift über die zweckmäfsigften Ventilations-Syfteme. Redigirt, durch Anmerkungen und einen Anhang vervollftändigt von A. WOLPERT. Berlin 1878.

BIRD, P. H. *On the ventilation of rooms, houfe-drains, foil-pipes, and fewers.* London 1879.

WAZON, A. *Chauffage et ventilation des édifices publics et privés.* Paris 1879.

MEINERS, H. Das ftädtifche Wohnhaus der Zukunft oder wie follen wir bauen und auf welche Weife ventiliren und heizen? Stuttgart 1879. — 2. Aufl. 1880.

Deutfche bautechnifche Tafchenbibliothek. Heft 49: Die Ventilation der bewohnten Räume. Von AHRENDTS. Leipzig 1880. (2. Aufl. 1886.) — Heft 50: Die Zentralheizungen der Wohnhäufer, öffentlicher Gebäude etc. Von AHRENDTS. Leipzig 1881. (2. Aufl. 1885.)

WOLPERT, A. Theorie und Praxis der Ventilation und Heizung. Braunfchweig 1880. — 4. Aufl. von A. WOLPERT & H. WOLPERT: 1896.

PLANAT, P. *Cours de conftruction civile. Ie partie: Chauffage et ventilation de lieux habités.* Paris 1880.

SCHOLTZ, A. Feuerungs- und Ventilations-Anlagen. Carlsruhe 1881.

NAUMANN, A. Die Heizungsfrage, mit befonderer Rückficht auf Waffergaserzeugung und Waffergasheizung. Giefsen 1881.

CONSTANTINE, J. *Practical ventilation and warming.* Manchefter 1881.

A treatife on ventilation. Comprifing feven lectures delivered before the Franklin Inftitute. New York 1882.

DENY, E. *Chauffage et ventilation rationelle des écoles, habitations etc.* Paris 1882. — Deutfch von E. HARSECKE. Berlin 1886.

ULMI, K. Populäre Mittheilungen über Heizung und Ventilation etc. Bern 1883.

FISCHER, F. Tafchenbuch für Feuerungstechniker etc. Stuttgart 1883.

UHLAND, W. H. Handbuch für den praktifchen Mafchinen-Conftructeur. Band II. Leipzig 1883. S. 65.

SCHWARTZE, TH. Katechismus der Heizung, Beleuchtung und Ventilation. Leipzig 1884.

HAUSDING, A. Die Heizungs-, Ventilations- und Trocken-Anlagen, Dampf-Koch-, Wafch- und Bade-Einrichtungen der Actiengefellfchaft *Schäffer & Walcker* in Berlin. Berlin 1884.

ROMAIN, A. *Nouveau manuel complet du chauffage et de la ventilation.* Paris 1884.

BILLINGS, J. S. *The principles of ventilation and heating etc.* London 1884.

JAUNEZ, A. *Manuel du chauffeur etc.* 1. u. 2. Aufl. London 1884.

STURM, E. Der gegenwärtige Stand der Heizfrage etc. Würzburg 1885.

PAUL, F. Lehrbuch der Heiz- und Lüftungstechnik. Wien 1885.

EINBECK, J. Der gegenwärtige Stand der Heizungs-Technik. Hagen 1886.

FANDERLIK, F. Elemente der Lüftung und Heizung. Wien 1887.

FISCHER, F. Feuerungsanlagen für häusliche und gewerbliche Zwecke. Karlsruhe 1889.

JÜPTNER v. JONSTORFF, H. Die Heizftoffe etc. Wien 1890.

WOLFF, A. R. *The ventilation of buildings.* New York 1890.

BUCHAN, W. P. *Ventilation etc.* London 1891.

HAASE, F. H. Die Lüftungsanlagen etc. Stuttgart 1892.

LEFÉVRE, J. *Le chauffage et les applications de la chaleur etc.* Paris 1892.

Anweifung zur Herftellung und Unterhaltung von Centralheizungs- und Lüftungsanlagen. Berlin 1893.

RIETSCHEL, H. Leitfaden zum Berechnen und Entwerfen von Lüftungs- und Heizungs-Anlagen etc. Berlin 1893.

LEFÉVRE, J. *Le chauffage et les applications de la chaleur.* Paris 1893.

BILLINGS, J. S. *Ventilation and heating.* New York 1893.

HAASE, F. H. Die Heizungsanlagen. Leipzig 1894.

Handbuch der Hygiene. Band IV, Lief. 2: Heizung und Ventilation. Von K. SCHMIDT. Jena 1896.

ROBRADE, H. Die Heizungsanlagen in ihrer Anordnung, Berechnungsweife und ihren Eigentümlichkeiten mit befonderer Berückfichtigung der Centralheizung und der Lüftung. Weimar 1897.

PICARD, P. *Traité pratique du chauffage et de la ventilation.* Paris 1897.

Anweifung zur Herftellung und Unterhaltung von Centralheizungs- und Lüftungsanlagen. Berlin 1901.

Ferner:

Zeitfchrift für Lüftung und Heizung etc. Herausg. v. F. H. HAASE. Halle. Erfcheint feit 1895.

Zeitfchrift für Heizungs-, Lüftungs- und Wafferleitungstechnik. Bearb. von M. KRETSCHMER & J. H. KLINGER. Halle. Erfcheint feit 1896.

Wärme und Heizung. Herausg. von C. SCHMITZ. Berlin. Erfcheint feit 1904.

7. Kapitel.

Zu- und abzuführende Wärmemenge.

a) Wärmemenge, welche infolge der Benutzung der Räume frei wird.

150.
Stoffwechfel der Menfchen.

Wenn man von Sonderfällen abfieht, fo find im vorliegenden Sinne nur zwei Wärmequellen zu nennen, nämlich der Stoffwechfel der Menfchen und die Beleuchtung mit Gas. Alle übrigen regelmäfsig auftretenden Wärmequellen können den genannten gegenüber vernachläffigt werden.

Die Wärmeentwickelung infolge Verbrennung der abgängigen Körperteile ift aufserordentlich fchwankend. Sie hängt ab von der Menge und Art der Nahrung, vom körperlichen Zuftande und von der Befchäftigung der Menfchen. Auch der Gemütszuftand dürfte nicht ohne Einflufs fein. Im allgemeinen entwickeln kräftige Menfchen mehr Wärme als fchwächliche, Erwachfene mehr als Kinder, Männer mehr als Frauen.

Nach *v. Pettenkofer* und *Voit*[109]) liefert der Stoffwechfel eines erwachfenen Menfchen in der Stunde durchfchnittlich 125 Einheiten, wenn unter einer Wärmeeinheit, wie hier immer, diejenige Wärmemenge verftanden wird, welche 1 kg Waffer um 1 Grad C. zu erwärmen vermag. Diefe Wärmemenge wird indes nicht vollftändig zum Erwärmen des betreffenden Raumes benutzt, vielmehr ein erheblicher Teil, zuweilen bis zu $^1/_3$ oder mehr, durch die Wafferverdunftung der Körperoberfläche gebunden. Sofern die Zimmerluft geeignet ift, entfprechende Waffermengen aufzunehmen, alfo unter den gewöhnlichen Verhältniffen eines gut gelüfteten Raumes, wird man für einen erwachfenen Mann eine ftündliche Zufuhr von 100 Einheiten rechnen können, während für Kinder durchfchnittlich 50 Einheiten in der Stunde gerechnet werden dürfen.

151.
Gas-beleuchtung.

In Art. 65 (S. 57) wurde bereits angegeben, dafs 1 cbm Gas je nach feiner Zufammenfetzung bei der Verbrennung 4000 bis 7000 Wärmeeinheiten entwickele; als Mittelwert dürften 6000 Einheiten anzunehmen fein. In befonderen Fällen mufs man die Verbrennungswärme des in Frage kommenden Gafes ermitteln.

Weitere Angaben über die entwickelte Wärme, Kohlenfäure und Wafferdampf finden fich auf S. 44.

b) Wärmeüberführung durch fefte Wände.
(Wärmetransmiffion.)

152.
Wärme-ftrahlung.

Die Wärmemenge, welche die Fläche eines von der Luft oder einer anderen Flüffigkeit berührten Körpers mit diefer austaufcht, ift auf Grund der bisherigen Beobachtungen nur fchwer zu beftimmen. Sie wird teils durch Berührung der in Rede ftehenden Fläche mit der Flüffigkeit, fonach durch Ueberleitung, teils durch Strahlung übertragen.

Die Menge der Wärme, welche durch Strahlung ausgetaufcht wird, ift abhängig von dem Unterfchied der Temperaturen der erften Fläche gegenüber der von den Wärmeftrahlen getroffenen Fläche und von dem Zuftande der beiden Flächen. Den Zuftand der getroffenen Fläche vernachläffigt man gemeiniglich,

---

109) Siehe: PETTENKOFER, M. v. Kleidung, Wohnung, Boden. Populäre Vorlefungen. Braunfchweig 1872. S. 6.

obgleich er in eben dem Mafse fich geltend macht, wie derjenige der erften Fläche im vorliegenden Sinne, wohl nur um die Rechnungen zu vereinfachen.

Den Zuftand der ftrahlenden Fläche berückfichtigt man durch Erfahrungszahlen. Nach *Buff*[110]) verfchluckt die atmofphärifche Luft im gewöhnlichen Zuftande etwa die Hälfte der Wärmeftrahlen, während die andere Hälfte freien Durchlafs findet. Andere Beobachter[111]) haben hiervon abweichende Werte gefunden. Das Verfchlucken der Wärmeftrahlen feitens der Luft findet in dem der ftrahlenden Fläche zunächftliegenden Raume ftatt. Die Temperatur diefes Raumes ift, wie fpäter noch erörtert werden wird, nur fchwer oder gar nicht zu beftimmen; jedenfalls ift fie höher als die mittels eines gewöhnlichen Thermometers gemeffene Temperatur. Demnach ift die Wärmeüberführung durch Strahlung bisher noch nicht genau zu beftimmen.

153. Wärmeleitung.

Die Wärmeübertragung, welche vermöge der Berührung von Luft und Körperoberfläche ftattfindet, ift ihrer Menge nach noch weniger genau feftzuftellen als die geftrahlte Wärme. Sie fcheint lediglich von dem Temperaturunterfchiede abzuhängen, welcher zwifchen der Oberfläche und der fie berührenden Luft herrfcht. Wenn man im ftande ift, die Oberflächentemperatur eines Körpers einigermafsen genau zu beftimmen, fo fehlen doch bisher noch die Mittel zur Beftimmung der Temperatur derjenigen Luftteilchen, welche die Körperoberfläche befpülen; diejenige Lufttemperatur, welche wir meffen können, ift eine andere als die foeben genannte.

Fig. 56.

Die Thermometerkugel *C* (Fig. 56) erlaubt fowohl wegen ihrer Gröfse, als auch wegen des Einfluffes der Strahlung der Fläche *AB* — welche durch geeignete Schirme möglichft unfchädlich gemacht werden mufs — kein Eintauchen in die mit der Fläche *AB* in Berührung ftehende Luft, welches notwendig fein würde, wenn man deren Temperatur meffen wollte. Es fei *AB* wärmer als die berührende Luft. Alsdann wird die mit *AB* in Berührung ftehende Luftfchicht erwärmt; fie führt einen Teil der aufgenommenen Wärme durch Leitung der benachbarten Luftfchicht zu. Wegen der geringen Leitungsfähigkeit der Luft kann hierdurch nur eine geringe Wärmemenge weitergeführt werden; der gröfsere Teil der von *AB* abgegebenen Wärme wird daher in der diefe Fläche unmittelbar berührenden Luftfchicht aufgefpeichert, fonach deren Temperatur erhöht. Weil die Raumeinheit der Luft nur geringe Wärmemengen aufzunehmen vermag, fo ift die Temperaturfteigerung der Luft eine fehr rafche, wenn nicht noch andere Einflüffe fich geltend machen.

Infolge der Temperaturerhöhung mindert fich das Einheitsgewicht der den Körper berührenden Luftfchicht. Ift nun *AB* lotrecht, fo bewegt fich die Luftfchicht nach oben und macht anderer, kälterer Luft Platz, d. h. es wird die Temperatur der Luft in unmittelbarer Nähe von *AB* verringert, der Temperaturunterfchied vergröfsert. Ift *AB* dagegen wagrecht gelegen und abwärts gerichtet (Fig. 57), fo vermag die wärmere Luft nicht nach oben zu fteigen; fie bleibt alfo in Berührung mit *AB*, erwärmt fich mehr und mehr und verhindert fchliefslich die Wärmeabgabe bis auf die geringe Menge, welche durch Leitung der Luft weiter befördert wird. Einen dritten möglichen Fall ftellt Fig. 58 vor: die Fläche *AB* ift wagrecht, aber nach oben gerichtet. In diefem Falle wird die durch *AB* unmittelbar erwärmte Luft mit grofser Entfchiedenheit nach oben fich bewegen und durch kältere Luft erfetzt werden.

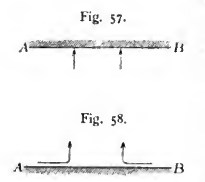


Fig. 57.

Fig. 58.

Auch die Begrenzung der Fläche *AB*, fowie ihre Gröfse fpielen hierbei eine nicht unwichtige Rolle. Ift z. B. *AB* in dem Falle der Fig. 58 fehr grofs, vielleicht auch von lotrechten

[110]) Siehe: POGGENDORF's Annalen, Bd. 158, S. 177.

[111]) Siehe ebendaf. Bd. 112, S. 351, S. 497; Bd 113, S. 1; Bd. 114, S. 632, S. 635

Wänden umrahmt, fo wird die kalte Luft ausfchliefslich von oben nach unten zuftrömen müffen, hierbei der wärmeren Luft begegnen und wegen der vielfachen Berührung mit letzterer, infolge entftehender Wirbel, von diefer Wärme aufnehmen, während eine kleine nicht umrahmte Fläche *AB* den gröfsten Teil der kälteren Luft durch wagrechte Ströme zugeführt erhält.

Andere Flächenlagen als die hier kurz befprochenen haben Erfcheinungen im Gefolge, welche zwifchen den genannten liegen.

Sofern die Fläche *AB* kälter ift als die umgebende Luft, treten die erwähnten Erfcheinungen in umgekehrter Richtung auf.

Von noch entfchiedenerem Einflufs auf die wirkliche Lufttemperatur in unmittelbarer Nähe der Körperoberfläche ift die Bewegung der Luft durch äufsere Einflüffe. In ftark befetztem Saale, wo die Menfchen fich gegenfeitig beftrahlen, kann die durch Strahlung abgegebene Wärme zu Null werden.

Die von einer Perfon entwickelte Wärme, welche vielleicht durch Tanzen, Reden, Singen oder dergl. den oben genannten Durchfchnitt wefentlich überfchreitet, mufs deshalb nahezu ausfchliefslich durch Leitung an die Luft abgegeben werden. Unfere Damen ergreifen in diefem Falle den Fächer und verurfachen hierdurch gröfsere oder geringere Luftwirbel. Die Temperatur der Luft im Raume wird hierdurch keine andere; trotzdem ift die durch die Luftbewegung entftehende Kühlung eine deutlich fühlbare. Sie entfteht, indem die die Haut unmittelbar berührende, von ihr erwärmte Luftfchicht teilweife oder ganz verdrängt, weggefpült wird und kältere Luftfchichten, folche, deren Temperatur die im Saale gemeffene ift, an ihre Stelle treten.

Bei Berechnung der Wärmemenge, welche durch Berührung einer feften Fläche mit der Luft übergeleitet wird, ift fonach nicht allein die Lage der Fläche, fondern der Bewegungszuftand der Luft überhaupt gebührend zu berückfichtigen.

Auch bei der Wärmeabgabe der Heizflächen fpielt der Bewegungszuftand der Luft oder anderer in Frage kommender Flüffigkeit eine grofse Rolle. *Skeel*[112]) fand bei 11,80 m fekundlicher Luftgefchwindigkeit die Wärmeüberführung von Dampf in Luft, welche bei geringer Luftgefchwindigkeit etwa 16 Wärmeeinheiten für 1 qm, 1 Stunde und 1 Grad Temperaturunterfchied beträgt, zu 50 und *Gebrüder Körting*[113]) die Wärmeüberführung von Waffer in Luft fchon bei 7,00 m fekundlicher Luftgefchwindigkeit zu 53.

Bei der Erwärmung des Waffers fand *Hagemann*[114]) die Wärmeübertragung von Dampf in Waffer für 1 Stunde, 1 qm Fläche und 1 Grad Temperaturunterfchied:

bei 0,09 m Waffergefchwindigkeit zu ∾ 900,
" 1,80 m " " ∾ 3300.

Angefichts der näher dargelegten Unficherheiten beim Beftimmen der durch Strahlung und Leitung zwifchen der Wandfläche und der fie befpülenden Flüffigkeit ausgetaufchten Wärmemengen wird ihre Summe kurz ausgedrückt durch:

$$W_1 = \psi \; F (t_1 - t), \quad \ldots \ldots \ldots \quad 11.$$

wobei ψ eine Wertziffer, F die Flächengröfse (in Quadr.-Met.), t_1 die Temperatur der Fläche und t diejenige der Luft oder einer anderen Flüffigkeit bezeichnet.

Fig. 59.

Das Ueberleiten der Wärme von einer Wandfläche zur gegenüberliegenden fteht, wenn die Wand aus feftem, gleichartigem Stoff gebildet ift, in geradem Verhältnis zur Flächengröfse und zum Temperaturunterfchied und im umgekehrten Verhältnis zur Wanddicke. Bezeichnen nach Fig. 59 t_1 und T_1 die Wandflächentemperaturen, e die Wanddicke (in Met.), F die Wandfläche (in Quadr.-Met.) und λ die Wärmemenge, welche ftündlich und für 1 Grad Temperaturunterfchied durch

[112]) Siehe: Polyt. Journ., Bd. 227, S. 209.

[113]) Siehe: Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1882, S. 431.

[114]) Siehe: *Nogle Varmetransmiffions verfog.* Kopenhagen 1883. S. 10.

1 qm einer 1 m dicken ebenen Wand des betreffenden Stoffes fliefst, fo ift die Wärmemenge W_2 zu fetzen:

$$W_2 = \frac{\lambda}{e} F (T_1 - t_1) \qquad \qquad 12.$$

Für die Gröfse λ find die nachftehenden Werte angegeben.

Wärmemengen λ, welche durch eine 1 m dicke Schicht nachbenannter Stoffe während 1 Stunde für 1 qm Oberfläche geleitet werden, wenn der Temperaturunterfchied der Oberflächen 1 Grad beträgt:

Stoff	λ
Ruhende Luft	λ = 0,02 (Mittel der Angaben verfchiedener Beobachter).
» »	» = 0,04 (nach *Péclet*).
» »	» = 0,1 (nach *Redtenbacher*).
Wolle, Baumwolle, Flaum	» = 0,013 (nach *Forbes*).
» » »	» = 0,04 (nach *Péclet*).
Filz	» = 0,03 (nach *Forbes*).
Kiefernholz-Sägefpäne	» = 0,045 (desgl.).
Holzafche	» = 0,06 (nach *Péclet*).
Holzkohlenpulver	» = 0,08 (desgl.).
Kreidepulver	» = 0,09 (desgl.).
Feiner Quarzfand	» = 0,05 (nach *Forbes*).
» Sand	» = 0,27 (nach *Péclet*).
Zerftofsene, gebrannte Erde	» = 0,15 (desgl.).
» Koke	» = 0,16 (desgl.).
Gefchwefelter Gummi (vulkanifierter Kautfchuk)	» = 0,032 (nach *Forbes*).
Nadelholz, winkelrecht zur Fafer	» = 0,09 (nach *Péclet*).
» » » »	» = 0,03 (nach *Forbes*).
» in der Faferrichtung	» = 0,17 (nach *Péclet*).
» » » »	» = 0,11 (nach *Forbes*).
Eichenholz, winkelrecht zur Fafer	» = 0,21 (nach *Péclet*).
Gips, angemacht und an der Luft getrocknet	» = 0,33 bis 0,52 (desgl.).
Gebrannter Ton	» = 0,5 bis 0,7 (desgl.).
Backfteinmauer	» = 0,7
Glas	» = 0,76 bis 0,88 (nach *Péclet*).
»	» = 0,47 (nach *De la Rive*).
»	» = 0,16 (nach *Forbes, Beetz*).
Sandftein (Lias)	» = 1,3 (nach *Péclet*).
Feinkörniger Kalkftein	» = 1,7 bis 2,1 (nach *Péclet*).
Marmor	» = 2,8 bis 3,5 (desgl.).
»	» = 0,4 bis 0,6 (nach *Forbes*).
Waffer	» = 0,5 bis 0,56 (nach *H. F. Weber, Winkelmann, Lundquift*).
Eis	» = 2,05 (nach *Neumann*).
»	» = 0,8 (nach *Forbes, De la Rive*).
Blei	» = 14 (nach *Péclet*).
»	» = 26 bis 30 (nach *Kirchhoff & Hanfen, Lorenz, H. F. Weber*).
Zinn	» = 22 (nach *Péclet*).
»	» = 51 bis 55 (nach *Kirchhoff & Hanfen, H. F. Weber, Lorenz*).
Eifen	» = 28 (nach *Péclet*).
»	» = 50 bis 72 (nach *Angftröm, Lorenz, Forbes, H. F. Weber*).
Meffing	» = 72 bis 108 (nach *Lorenz, Neumann*).
Kupfer	» = 69 (nach *Péclet*).
»	» = 290 bis 396 (nach *H. F. Weber, Angftröm, Neumann*).

Diefe Zufammenftellung gewährt, wegen der fehr bedeutenden Abweichungen der Angaben, die teils auf der Verfchiedenartigkeit der unterfuchten Stoffe, teils aber auch auf Beobachtungsfehlern beruhen mögen, kein erfreuliches Bild.

Es lohnt fich daher weder hier, noch beim Wärmeaustaufch zwifchen der Wandfläche und der fie befpülenden Flüffigkeit, auf die ·orliegenden Grundlagen verwickelte Rechnungen zu bauen, und es foll hier, abweichend von den beiden vorhergehenden Auflagen des vorliegenden Bandes, nur fo weit gerechnet werden, als dadurch das Verftändnis der Wärmeübertragung gefördert werden kann.

Für den Beharrungszuftand ift die Wärme W_1, welche in die Wand übertritt, gleich derjenigen W_2, welche die Wand durchfliefst, und gleich derjenigen W_3, welche auf der anderen Wandfeite ausgetaufcht wird, d. h. es ift nach Gleichung 11 u. 12, fowie nach Fig. 59

$$W = \psi F (t_1 - t) = \frac{\lambda}{e} F (T_1 - t_1) = \Psi F (T - T_1) \quad \ldots \quad 13.$$

Durch Ausfcheiden der unbekannten Werte T_1 und t_1 gewinnt man hieraus

$$W = F \frac{T - t}{\frac{1}{\Psi} + \frac{1}{\psi} + \frac{e}{\lambda}} \quad \ldots\ldots\ldots \quad 14.$$

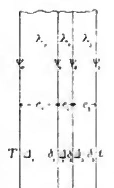
Die Werte Ψ und ψ fchwanken, folange $T - t$ kleiner oder gleich 40 Grad ift und es fich um die Wärmeüberführung aus Luft in Luft handelt, zwifchen 6 und 11. Die gröfseren Werte liegen bei naffen, vom Winde ftark befpülten Flächen vor. Beifpielsweife ift für die Aufsenflächen der Mauern und Türen $\Psi = 10{,}8$ bis 11, der Glasflächen $\Psi = 10{,}1$ bis $10{,}8$, der einfachen nach innen gerichteten Glasflächen (wegen des Fenfterfchweifses) $\psi = \sim 10{,}5$ zu fetzen, während den mit Tapete bekleideten Innenflächen etwa $\psi = 8{,}3$ entfpricht. Derfelbe Wert gilt für die Innenflächen der Türen, während den Innenflächen gewöhnlicher Doppelfenfter (wegen Fehlens des Fenfterfchweifses) $\psi = 6{,}3$ gebührt.

154.
Mehrfache Wände.

Zur Berechnung der Wärmeüberführung mehrfacher Wände ift folgender Weg einzufchlagen.

Fig. 60 fei der Durchfchnitt einer dreifachen Wand, deren e_1, e_2 und e_3 dicke Teile aus verfchiedenen Stoffen beftehen. Die Ueberleitungswertziffern feien ψ_0, ψ_1, ψ_2, ψ_3, die Wertziffern der inneren Leitung λ_1, λ_2, λ_3, die Temperaturen der Oberflächen der Wandteile Δ, bezw. δ mit den entfprechenden Zeigern, endlich die Temperaturen der die Wand von aufsen befpülenden Luft T, bezw. t. Alsdann ift die durch die Wand übertragene Wärme

Fig. 60.



$$W = F\lambda_1 \frac{\Delta_1 - \delta_1}{e_1} = F\lambda_2 \frac{\Delta_2 - \delta_2}{e_2} = F\lambda_3 \frac{\Delta_3 - \delta_3}{e_3} =$$
$$= F\psi_0 (T - \Delta_1) = F\psi_1 (\delta_1 - \Delta_2) = F\psi_2 (\delta_2 - \Delta_3) = F\psi_3 (\delta_3 - t) \quad 15.$$

Aus diefen Gleichungen erhält man, indem man allmählich die drei Werte der oberen Reihe mit denjenigen der zweiten Reihe, welche mit ψ_0, ψ_1 und ψ_3 behaftet find, und dann den erften Ausdruck der zweiten Reihe mit allen übrigen derfelben Reihe vergleicht, nach einigen Umformungen:

$$W = F \frac{T - t}{\frac{1}{\psi_0} + \frac{1}{\psi_1} + \frac{1}{\psi_2} + \frac{1}{\psi_3} + \frac{e_1}{\lambda_1} + \frac{e_2}{\lambda_2} + \frac{e_3}{\lambda_3}} \quad \ldots\ldots \quad 16.$$

Es ift leicht zu überfehen, in welcher Weife man den Ausdruck erweitern kann, fofern die Wand aus mehr als drei Schichten befteht.

Der Faktor, welcher mit der Flächengröfse und dem Temperaturunterfchied multipliziert die übergeführte Wärmemenge liefert, hat eine recht unbequeme Form, weshalb man feinen Wert für die gebräuchlichen Fälle ein für allemal auszurechnen pflegt.

155. Wärme-übertragungs-Wertziffer.

Man fchreibt alsdann die Formeln 14 u. 16:

$$W = F\,(T - t)\,k\,, \qquad 17.$$

fo dafs k bedeutet:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{\Psi} + \frac{1}{\psi} + \frac{e}{\lambda}}\,, \quad \text{oder} \quad k = \frac{1}{\frac{1}{\psi_0} + \frac{1}{\psi_1} + \frac{1}{\psi_2} + \frac{1}{\psi_3} + \frac{e_1}{\lambda_1} + \frac{e_2}{\lambda_2} + \frac{e_3}{\lambda_3}}\,. \qquad 18.$$

Fur eine Reihe einfacher lotrechter gemauerter Wände find die zugehörigen, nach der hier angegebenen Rechnung gefundenen Werte von k in der Spalte *F.* der unter e (S. 143 ff.) zufammengeftellten Tabelle aufgeführt. Behufs Vergleiches habe ich die von *Redtenbacher* angegebenen Zahlen dafelbft unter *R.* und die für Staatsbauten in Preufsen[115]) vorgefchriebenen unter *Pr.* angeführt.

Zu der Tabelle ift noch anzuführen, dafs die gebräuchlichen Mauerftärken, vermehrt um die Dicke des Putzes einer Seite, zu Grunde gelegt find und angenommen wurde, dafs Aufsenwände in Frage kommen. Scheidewände im Inneren der Häufer führen geringere Wärmemengen über, da beiderfeitig ein kleineres ψ (vergl. S. 126) vorliegt.

156. Fenfter und Deckenlichter.

Lotrechte, in der Aufsenwand liegende Fenfter haben (vergl. S. 126) ein $\psi_a = 10{,}1$ und ein $\psi_i = 10{,}5$. Wird eine Wandftärke der Fenfterfcheiben von 0,003 m angenommen, fo entfteht nach Formel 14:

$$k = \frac{1}{\frac{1}{10{,}1} + \frac{1}{10{,}5} + \frac{0{,}003}{0{,}8}} = \frac{8484}{840 + 809 + 32}\,, \quad \text{oder } k = 5\,.$$

Aus diefem Zahlenbeifpiel geht zur Genüge hervor, dafs das Glied $\frac{e}{\lambda}$, welches fich auf die Wärmeleitung im Glafe bezieht, genügend gegen die anderen Glieder verfchwindet, um es vernachläffigen zu können. Die Dicke der Fenfterfcheiben ift hiernach für die Wärmeüberführung gleichgültig.

Redtenbacher fetzt diefes $k = 3{,}66$. Sofern kräftige, breite, hölzerne Fenfterrahmen angewendet und diefe mit als Fenfterfläche behandelt werden, dürfte die Zahl 3,66 genügen; in anderen Fällen ift fie ungenügend. Für einfache Fenfter in Scheidewänden, welche weder von verdichtetem Waffer bedeckt fein, noch von heftiger Windftrömung befpült werden können, werden beide $\psi = 7{,}4$, und damit gewinnt man

$$k = 3{,}7\,.$$

Wagrechte Fenfter (Deckenlichter), welche von unten durch wärmere, von oben durch kältere Luft berührt werden, haben grofse Werte von ψ, weil (vergl. S. 123) die unten abgekühlte Luft rafch wärmerer, die oben erwärmte Luft rafch kälterer Luft Platz macht. Deshalb dürfte, da Schweifsbildung felten eintritt, $\Psi = \psi = 10{,}7$ zu fetzen fein, wodurch $k = 5{,}4$ wird.

157. Holzwände und Türen.

Für hölzerne lotrechte Wände, Türen und dergl., welche mit Oelfarbe angeftrichen find und einfeitig von heftigem Winde befpült werden, erhält man

$$\Psi = 10{,}25 \quad \text{und} \quad \psi = 8{,}1\,,$$

fomit folgende Werte von k:

e (in Met.)	k (für 1 Stunde, 1 qm Fläche und 1 Grad Temperaturunterfchied)	
	Eichenholz	Tannenholz
0,02	2,92	2,24
0,04	2,2	1,5

[115]) Durch Erlafs des Minifters für öffentliche Arbeiten vom 7. Mai 1884 (fiehe: Centralbl. d. Bauverw. 1884, S. 257) und Zufatz vom 15. März 1893.

Hierbei iſt in Bezug auf Türen zu bemerken, daſs e ihre durchſchnittliche Dicke iſt; dieſe iſt gemeiniglich kleiner als das Maſs, mit dem man die betreffende Tür bezeichnet.

Türen der Scheidewände überführen ſelbſtverſtändlich weniger Wärme, weil beide $\psi = 8{,}1$ zu nehmen ſind.

158.
Hohle Wände.

Andere lot- und wagrechte Bauteile, welche die Räume nach der Seite, nach oben und unten begrenzen, ſind meiſtens aus mehreren Schichten zuſammengeſetzt. Von zuſammengeſetzten Wänden, Decken u. ſ. w. ſind namentlich diejenigen bemerkenswert, welche eine oder mehrere Luftſchichten enthalten.


Fig. 61.

Die Luftſchichten lotrechter Wände erſchweren den Wärmedurchgang weniger als in gewiſſen, noch zu erörternden Fällen die wagrechten Luftſchichten. Fig. 61 ſtelle den lotrechten Schnitt einer hohlen Wand dar. Ihre linke Seite ſei gegen das Freie gerichtet, ſo daſs $\psi_0 = 10{,}25$ (vergl. S. 126) geſetzt werden kann; ψ_1 und ψ_2 gehören zu den Oberflächen, welche die Luftſchicht berühren. Die letztere erwärmt ſich an der einen Seite und wird an der anderen Seite abgekühlt, ſo daſs eine Strömung innerhalb des Hohlraumes eintritt. Dieſe hängt, ihrer Entſchiedenheit nach, von der Höhe und Weite des Hohlraumes ab; ſie wird im beſonderen mit der Höhe des Hohlraumes wachſen. Vermöge dieſer Strömung findet die Ueberleitung der Wärme von einer Fläche zur anderen weit raſcher ſtatt, als der Fall ſein würde, wenn die Luft den Hohlraum ruhend ausfüllte. Da nun der denkbar gröſste Wärmedurchgang für den vorliegenden Zweck berechnet werden muſs, ſo iſt zu empfehlen, den Widerſtand der Luftſchicht gegen den Wärmedurchlaſs ganz zu vernachläſſigen, aber für ψ den kleinſten Wert anzunehmen, ſo daſs $\psi_1 = \psi_2 = 6{,}6$ wird. Für die an das Zimmer grenzende Fläche war ψ_3 früher (S. 126) zu $8{,}1$ angegeben. Die Mauer ſei aus Backſteinen hergeſtellt, ſo daſs $\lambda = 0{,}7$ iſt, und es ſei $e_1 = e_3 = 0{,}25$ m. Hiernach berechnet ſich

$$k = 0{,}82 .$$

Iſt nun noch $e_2 = \frac{1}{2}$ Stein, ſo iſt die Geſamtdicke der Mauer $\sim 0{,}64$ m; für eine volle Mauer dieſer Dicke iſt nach der Tabelle auf S. 143 ff.: $k = 0{,}86$ gefunden. Das Anbringen eines ſolchen Hohlraumes erſchwert ſomit den Durchgang der Wärme, wenn auch nur in geringem Maſse.

Doppelte lotrechte Fenſter bringen ein günſtigeres Ergebnis hervor, obgleich auch bei ihnen der Widerſtand, welchen die Luftſchicht dem Wärmedurchgang entgegenſetzt, zweckmäſsig vernachläſſigt wird. Dies iſt die Folge der geringeren Temperaturunterſchiede zwiſchen Glasfläche und Luft, die das Verdichten von Waſſerdampf an ihrer Oberfläche in der Regel ausſchlieſsen. Man erhält für dieſelben

$$\psi_0 = 10{,}11 , \quad \psi_1 = \psi_2 = 6{,}8 , \quad \psi_3 = 7{,}4 ; \quad \text{ſonach } k = 1{,}77 ,$$

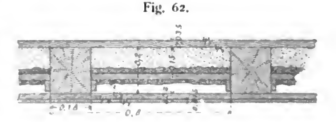
ſtatt $k = 5$ für einfache Fenſter.

159.
Decken

Wagrechte hohle Einſchlieſsungsbauteile, wie hohle Decken u. ſ. w., ſind wieder in ſolche zu unterſcheiden, welche an ihrer oberen Fläche von kälterer, an ihrer unteren Fläche von wärmerer Luft berührt werden, und in ſolche, bei denen das Umgekehrte ſtattfindet.

Der Deckenſchnitt in Fig. 62 gehöre zunächſt der erſteren Art an. Die Luft, welche ſich am Fuſsboden erwärmt, ſteigt empor, kälterer Luft Platz machend, ſo daſs $\psi_0 = 10$ genommen werden muſs. Der Wärmeübergang vom Sand in den Bretterfuſsboden kann nur durch Leitung ſtattfinden; die Leitung wird aber wegen der innigen Berührung ſehr entſchieden wirken, ſo daſs für ψ_1 die Zahl 10 als zutreffend zu bezeichnen ſein dürfte. Sofern geringe Spielräume vorhanden ſind, werden Leitung und Strahlung gemeinſchaftlich auftreten, wobei ebenfalls $\psi_1 = 10$ entſteht. ψ_2 wird, weil

Fig. 62.



die ſich an der Wellerung abkühlende Luft raſch niederſinkt und wärmerer Platz macht, ebenfalls groſs ausfallen, wahrſcheinlich $= 10$ ſein. ψ_3, ψ_4 und ψ_5 verhalten ſich ebenſo wie ψ_0, ψ_1 und ψ_2, ſo daſs, da $\lambda_1 = \lambda_4 = 0{,}1$ (Tannenholz), $\lambda_2 = 0{,}27$ (Sand), λ_3, d. i. die Leitung der Luftſchicht, wegen ihrer Strömung ſehr groſs, alſo ihr Widerſtand gegen die Ueberleitung von Wärme ſehr gering iſt, vernachläſſigt werden kann, endlich $\lambda_5 = 0{,}5$ (Gipsputz) iſt, entſteht

$$k = \frac{1}{\frac{1}{10}\,6 + \frac{0{,}035}{0{,}1} + \frac{0{,}15}{0{,}27} + \frac{0{,}02}{0{,}1} + \frac{0{,}015}{0{,}5}} = \sim 0{,}58 .$$

Da, wo Balken fich befinden, ift k einfacher

$$k = \frac{1}{\frac{1}{10} 5 + \frac{0{,}025}{0{,}1} + \frac{0{,}2}{0{,}1} + \frac{0{,}02}{0{,}1} + \frac{0{,}015}{0{,}5}} = \sim 0{,}32\,;$$

folglich die durchfchnittliche Wärmeüberführungszahl für eine derartige Decke

$$k = \frac{0{,}55\ (0{,}8 - 0{,}18) + 0{,}32\ 0{,}18}{0{,}8} = 0{,}5\,.$$

Ift dagegen unter der in Fig. 62 abgebildeten Decke die kältere, über ihr die wärmere Luft, dient die Decke z. B. zum Abfchlufs des Kellers gegen das geheizte Erdgefchofs, fo erhält man zunächft für ihren gewellerten Teil aus nicht mehr zu erörternden Gründen $\psi_0 = \psi_2 = \psi_3 = \psi_5 = 7$, $\psi_1 = \psi_4 = 10$; aufserdem ift die Luftfchicht eine ruhende, fo dafs entfteht:

$$k = \frac{1}{3\frac{1}{7} + 2\frac{1}{10} + \frac{0{,}025 + 0{,}02}{0{,}1} + \frac{0{,}015}{0{,}22} + \frac{0{,}015}{0{,}5} + \frac{0{,}03}{0{,}04}} = 0{,}3\,.$$

k ift alfo in diefem Falle faft nur halb fo grofs, als für diefelbe Stelle der Decke vorhin gefunden wurde. Hieraus erhellt, dafs Luftfchichten in wagrechten Bauteilen, welche oben von wärmerer, unten von kälterer Luft befpült werden, von grofsem Wert find, während fie im umgekehrten Falle als nahezu wertlos bezeichnet werden müffen.

Diejenigen Stellen, an denen fich Balken befinden, haben, da das ψ für die Fufsbodenoberfläche und dasjenige der Deckenunterfläche gleich 7 gefetzt werden mufs, ein $k = 0{,}35$. Das durchfchnittliche k ift fonach

$$k = \frac{0{,}3\ 0{,}62 + 0{,}35\ 0{,}18}{0{,}8} = 0{,}31\,.$$

Die Kellerdecke (Fig. 63), welche von unten mit kälterer, von oben mit wärmerer Luft in Berührung fteht und welche aus Backfteingewölbe, Sandfchüttung und tannenem Fufsboden befteht, überführt für jeden Grad Temperaturunterfchied, jedes Quadratmeter Fläche und jede Stunde

Fig. 63.

$$k = 0{,}71 \text{ Wärmeeinheiten.}$$

Nach den gegebenen Beifpielen dürften die Wärmemengen, welche anders geartete Einfchliefsungsflächen überführen, leicht zu berechnen fein, folange fie beiderfeitig von Luft berührt werden.

160. Dampf und Waffer.

Für Dampf und Waffer find erheblich gröfsere Werte für ψ in Anfatz zu bringen als für Luft. Waffer nimmt, vermöge feiner hohen Einheitswärme, bei geringer Temperaturerhöhung fchon verhältnismäfsig grofse Wärmemengen auf, fo dafs der wahre Temperaturunterfchied an der Berührungsfläche nur wenig von dem beobachteten abweicht. Infolge der Wärmeabgabe des Dampfes wird diefer zu Waffer verdichtet; vermag diefes rafch abzufliefsen, fo bleibt der wahre Temperaturunterfchied dem beobachteten faft genau gleich.

Der Luftgehalt des Wafferdampfes ftört feine Wärmeabgabe, indem die Luftteilchen fich felbftverftändlich wie immer verhalten. Ein Gemifch von gleichen Raumteilen Wafferdampf und Luft wird fich daher etwa zur Hälfte fo verhalten wie Luft, und zur anderen Hälfte wie Dampf.

Einigermafsen zuverläffige Werte find jedoch für die einzelnen ψ nicht bekannt; da Waffer fowohl als Dampf faft ausfchliefslich mit Metallen in Berührung treten, und angefichts der hohen Leitungsfähigkeit diefer und ihrer meiftens geringen Wandftärke find unter 5 (S. 144) lediglich die durch Verfuche unmittelbar gefundenen Wertziffern k angegeben.

161. Veränderliche Temperatur.

Die Formel 17 und ihre Vorgängerinnen fetzen voraus, dafs die Temperaturen T und t längs der ganzen Fläche F unveränderlich find. Nicht felten ändern fich aber beide Temperaturen oder doch eine davon. Die folgenden durch Fig. 64

unter A, B, C dargeſtellten Fälle dieſer Veränderlichkeit mögen unterſucht werden, nach welcher:

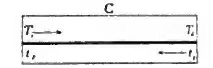
A. die eine Flüſſigkeit nur Nebenſtrömungen unterworfen iſt, ſo daſs ſie an der berührten Wand überall gleiche Temperatur beſitzt, während die andere Flüſſigkeit längs der feſten Wand ſich fortbewegt (Einſtrom);

B. beide Flüſſigkeiten ſich an der feſten Wand entlang in gleicher Richtung bewegen (Gleichſtrom oder Parallelſtrom);

C. beide Flüſſigkeiten längs der feſten Wand fließen, jedoch in entgegengeſetzter Richtung (Gegenſtrom).

Es bezeichnen T_1, bezw. t_1 die anfänglichen, T_2, bezw. t_2 die Endtemperaturen der Flüſſigkeiten; C, bezw. c die Wärmemengen, welche 1 kg der betreffenden Flüſſigkeit um 1 Grad zu

Fig. 64.



erwärmen vermögen; Q, bezw. q die Gewichte der ſtündlich längs der Wände ſtrömenden Flüſſigkeit; W, F und k haben die bisherige Bedeutung. Zwei unendlich kurze Teile der beiden Ströme (Fig. 64 B) haben die unbekannten Temperaturen U und u und ſind durch eine Flächengröſse dF voneinander geſchieden.

Alsdann iſt die durch die Fläche dF übertragene Wärmemenge

$$dW = k \,.\, dF\,(U - u) \qquad 19.$$

Infolge dieſer Wärmeüberführung verliert der U Grad warme Stromteil dieſe Wärmemenge, während der gegenüberliegende Stromteil ſie aufnimmt, ſo daſs

$$dW = -QC \,.\, dU = qc \,.\, du \qquad 20.$$

wird, oder durch Integration

$$-QCU = qcu + Conſt., \qquad 21.$$

alſo

$$QC\,(T_1 - U) = qc\,(u - t_1),$$

woraus ohne weiteres abzuleiten iſt

$$u = \frac{QC}{qc}(T_1 - U) + t_1 \qquad 22.$$

Aus der Gleichſetzung der Werte von dW in 19 u. 20 folgt

$$k\,(U - u)\,dF = -QC \,.\, dU \qquad 23.$$

Führt man in die letzte Gleichung den Ausdruck für u aus Gleichung 22 ein, ſo erhält man, nach einigen Umformungen,

$$dF = -\frac{QC}{k}\,\frac{dU}{\left(1 + \frac{QC}{qc}\right)U - \frac{QC}{qc}T_1 - t_1}; \qquad 24.$$

alſo

$$F = -\frac{QC}{k} \cdot \frac{1}{1 + \frac{QC}{qc}} \log.\text{ nat.} \left[\left(1 + \frac{QC}{qc}\right)U - \frac{QC}{qc}T_1 - t_1\right] + Conſt. \qquad 25.$$

Für $U = T_1$ iſt $F = 0$; für $U = T_2$ iſt $F = F_B$; ſonach

$$0 = -\frac{1}{k} \cdot \frac{QC}{1 + \frac{QC}{qc}} \log.\text{ nat.}\,(T_1 - t_1) + Conſt.$$

und

$$F_B = -\frac{1}{k} \cdot \frac{QC}{1 + \frac{QC}{qc}} \log.\text{ nat.} \left[T_2 - \frac{QC}{qc}(T_1 - T_2) - t_1\right] + Conſt.$$

oder nach Abziehen der Gleichungen voneinander

$$F_B = \frac{1}{k} \cdot \frac{Q\,C}{1 + \frac{Q\,C}{q\,c}} \log.\,\text{nat.} \frac{T_1 - t_1}{T_2 - \frac{Q\,C}{q\,c}(T_1 - T_2) - t_1} \quad \ldots\ldots\ldots \quad 26.$$

Es ist aber, wie aus 20 abgeleitet werden kann, übrigens ohne weiteres zu übersehen ist,

$$W = Q\,C\,(T_1 - T_2) = q\,c\,(t_2 - t_1)\,. \quad \ldots\ldots\ldots \quad 27.$$

also

$$\frac{Q\,C}{q\,c} = \frac{t_2 - t_1}{T_1 - T_2}\,,$$

welche Werte in 26 eingeführt den Ausdruck für den Gleichstrom liefern:

$$F_B = \frac{W}{k} \cdot \frac{\log.\,\text{nat.}\,\frac{T_1 - t_1}{T_2 - t_2}}{[T_1 - T_2 + (t_2 - t_1)]} \quad \ldots\ldots\ldots \quad 28.$$

Da im Falle A die Temperatur der mit den kleinen Buchstaben bezeichneten Flüssigkeit unverändert bleibt, so ist die Gleichung für diesen Fall sofort zu schreiben:

$$F_A = \frac{W}{k} \cdot \frac{\log.\,\text{nat.}\,\frac{T_1 - t_1}{T_2 - t_1}}{T_1 - T_2} \quad \ldots\ldots\ldots \quad 29.$$

Der dritte Fall, derjenige des sog. Gegenstromes, wird genau so behandelt wie der zweite, unter Berücksichtigung der anderen Richtung. Man gelangt indessen zu demselben Ergebnisse, wenn man bedenkt, dass beim Gegenstrom T_1 dem t_2 und T_2 dem t_1 gegenübersteht. Die betreffende Gleichung lautet:

$$F_C = \frac{W}{k} \cdot \frac{\log.\,\text{nat.}\,\frac{T_1 - t_2}{T_2 - t_1}}{T_1 - T_2 - (t_2 - t_1)} \quad \ldots\ldots\ldots \quad 30.$$

Die Gleichung für den Wert des log. nat. ist nun

$$\log.\,\text{nat.}\,x = 2\left[\frac{x-1}{x+1} + \frac{1}{3}\left(\frac{x-1}{x+1}\right)^3 + \frac{1}{5}\left(\frac{x-1}{x+1}\right)^5 + \ldots\right]$$

Verwendet man von dieser Reihe zur Umwandelung der Gleichungen 28, 29 u. 30 nur das erste Glied, was für kleine Werte von x zulässig ist, so erhält man

$$F_A = F_B = F_C = \frac{W}{k} \cdot \frac{1}{\frac{T_1 + T_2 - (t_1 + t_2)}{2}} = F, \quad \ldots\ldots\ldots \quad 31.$$

oder

$$W = F\left(\frac{T_1 + T_2}{2} - \frac{t_1 + t_2}{2}\right) k\,; \quad \ldots\ldots\ldots \quad 32.$$

d. h. die Wärmeüberführung steht im geraden Verhältnis zum Unterschiede der mittleren Temperaturen.

Das zweite Glied der logarithmischen Reihe lässt jedoch Abweichungen erkennen; es beträgt

$$\text{für } A\text{:}\quad \frac{2}{3} \cdot \frac{W}{k} \cdot \frac{[T_1 - T_2 + (t_1 - t_1)]^2}{[T_1 + T_2 - (t_1 + t_1)]^3} \quad \ldots\ldots\ldots \quad 33.$$

$$\text{für } B\text{:}\quad \frac{2}{3} \cdot \frac{W}{k} \cdot \frac{[T_1 - T_2 + (t_2 - t_1)]^2}{[T_1 + T_2 - (t_2 + t_1)]^3} \quad \ldots\ldots\ldots \quad 34.$$

$$\text{für } C\text{:}\quad \frac{2}{3} \cdot \frac{W}{k} \cdot \frac{[T_1 - T_2 - (t_2 - t_1)]^2}{[T_1 + T_2 - (t_2 - t_1)]^3} \quad \ldots\ldots\ldots \quad 35.$$

Die Ausdrücke vor den grossen Klammern sind sonach untereinander gleich; von den eingeklammerten Zählern ist der für C: Gegenstrom, am kleinsten, weil $t_2 - t_1$ abgezogen, derjenige für B: Gleichstrom, am grössten, weil $t_2 - t_1$ hinzugefügt wird; derjenige für A: Einstrom, steht in der Mitte, weil $t_1 - t_1 = 0$ ist. Hinsichtlich der eingeklammerten Nenner liegt die umgekehrte Reihenfolge vor, indem unter sonst gleichen Verhältnissen $t_2 - t_1 < t_2 + t_1$ und auch $t_2 - t_1 < t_1 + t_1$, also der Nenner für C grösser als derjenige für B und A sein muss. Sonach ist für dasselbe W für C das kleinste, für A das mittlere, für B das grösste F erforderlich, oder, mit anderen Worten: der Gegenstrom ist für die Wärmeüberführung am günstigsten, der Gleichstrom am ungünstigsten, während der Wirksamkeitsgrad des Einstromes zwischen jenen liegt.

Die Ausdrücke 33 bis 35 gewähren auch einen ficheren Ueberblick über die Zuläffigkeit der Anwendung der Formeln 31 u. 32. Benutzt man diefe, fo vernachläffigt man das zweite Glied und alle folgenden Glieder.

162. Unebene Wände

Wenn bei Berechnung der Beifpiele ausfchliefslich fchlichte Wände mit gleichlaufenden Oberflächen angenommen wurden, fo ift noch zu erörtern, wie bei nicht ebenen Wänden und Decken, fowie wechfelnden Wandftärken zu verfahren ift.

Je reicher die Gliederung einer Wand, bezw. einer Decke ift, umfo gröfser wird die wärmeüberfuhrende Fläche. Da die Berechnung des Einfluffes der einzelnen Gliederungsteile unmöglich, mindeftens aber zu umftändlich fein würde, fo vernachläffigt man die aufserhalb der eigentlichen Wand-, bezw. Deckenfläche liegenden Flächen fowohl, als auch den Leitungswiderftand der zugehörigen Dicken. Bei befonders reicher Gliederung dürfte aufserdem ein fchätzungsweife feftzuftellender Zufchlag zu dem berechneten k erforderlich werden.

Bei gebogenen oder Ecken bildenden Wänden und Decken wählt man fur F diejenige Fläche, welche etwa das Mittel zwifchen den beiden Begrenzungsflächen der Wände bildet. In der Regel find die Dicken der Wände und Decken gegenüber ihrer Flächenausdehnung fo gering, dafs ein nennenswerter Fehler durch diefes Verfahren nicht entftehen kann. In zweifelhaften Fällen wird man, da die gefamte Rechnung den Zweck hat, die gröfste etwa eintretende Wärmeabführung zu beftimmen, reichlicher greifen, um ficher zu fein, dafs nicht zu wenig in Rechnung geftellt wurde.

163. Anzunehmende Temperaturen

Auch die Gröfse der anzunehmenden Temperaturen bedarf einer Auseinanderfetzung.

Die Temperatur im Freien kann nur erfragt werden; in den Städten pflegt fie 1 bis 3 Grad höher als diejenige des freien Feldes zu fein, weil die von den Häufern abgegebene Wärme die Strafsen gleichfam heizt.

Die Temperatur der gefchloffenen Räume benennt man gemeiniglich nach derjenigen, welche in Kopfhöhe herrfchen foll. Auf S. 144 find einige Angaben uber die gebräuchlichen Temperaturen zufammengeftellt.

Diefe Temperaturen dürfen indes nicht unmittelbar zur Berechnung der Wärmeuberführung verwendet werden, indem fie, wie fchon erwähnt, in Kopfhohe gemeffen, keineswegs aber gleichmäfsig im ganzen Raume vorhanden find. Heizt man den betreffenden Raum mittels folcher Flächen, welche im Raume felbft aufgeftellt find, oder mittels folcher, die in einer befonderen Heizkammer fich befinden, fo ift immer die Luft die Trägerin der Wärme, foweit von der unmittelbaren Wärmeftrahlung der Heizflächen gegen den menfchlichen Körper abgefehen wird. Die an den Heizflächen erwärmte Luft fteigt, ihres geringeren Gewichtes halber, fofort nach oben und breitet fich unter der Decke des Raumes aus. Hier gibt fie einen Teil ihrer Wärme ab, nämlich denjenigen, welcher durch die Decke verloren geht. In dem Mafse, wie die Luft vom Fufsboden abgefaugt wird, fei es zu abermaliger Erwärmung, fei es zur Befeitigung der Luft, finken die wärmeren Luftfchichten nach unten. Sie geben unterwegs einen ferneren Teil ihrer Wärme ab, nämlich denjenigen, welcher durch die lotrechten Wände des Raumes verloren geht. Unten angekommen, findet die letzte Abkühlung der Luft ftatt, nämlich durch den Fufsboden. Die höchfte Temperatur mufs fomit unter der Decke vorhanden fein, während die niedrigfte unmittelbar über dem Fufsboden gefunden werden wird. Die in den verfchiedenen Höhen herrfchenden Temperaturen vermag man für den

Beharrungszuſtand zu berechnen, ſofern vorher die Wärmemengen beſtimmt ſind, welche für 1 Grad Temperaturunterſchied zwiſchen den Innen- und Auſsenflächen der Wände übergeführt werden.

Um den Rahmen dieſes »Handbuches« nicht zu ſehr auszudehnen, will ich hier eine ſolche Rechnung nicht durchführen, mich vielmehr darauf beſchränken, einige beobachtete Temperaturen anzugeben.

In meinem Arbeitszimmer machte ich Beobachtungen, als das im Freien aufgehängte Thermometer + 8 Grad und als es − 13 Grad zeigte. Es ergaben ſich die in Fig. 65 u. 66 eingeſchriebenen Temperaturen.

Sie bekunden in Zahlen zunächſt, was allerdings bekannt iſt, daſs in der Nähe der Decke eine weſentlich höhere Temperatur herrſcht als in der Höhe, in welcher die Temperaturen abgeleſen zu werden pflegen. Sonach muſs für die Temperatur der die Decke berührenden Luft eine entſprechend gröſsere Zahl in Anſatz gebracht werden, als für die Kopfhöhe vorgeſchrieben wurde. Wie viel höher die in Rede ſtehende Temperatur iſt, kann genau nur in jedem einzelnen Falle feſtgeſtellt werden. Annähernd kann ſie durch die Temperatur der einſtrömenden warmen Luft beſtimmt werden, da die durchſchnittliche Temperatur unter der Decke etwas niedriger ſein muſs als diejenige der Heizluft. Man wird daher die Temperatur der letzteren, nicht aber diejenige des Zimmers in Rechnung ſetzen, und zwar unter Abſtrich eines Teiles derſelben, der abhängig iſt von der Art der Zuführung und vom Wärmeübertragungsvermögen der Decke. Eine Decke, welche viel Wärme zu übertragen vermag, entzieht der Luft mehr Wärme als eine ſorgfältig ausgeführte; dementſprechend wird erſtere eine niedrigere durchſchnittliche Temperatur der die Decke beſpülenden Luft veranlaſſen als letztere.

Fig. 65.

Fig. 66.

Im Durchſchnitt dürfte die Temperatur in der Nähe der Decke 5 bis 15 Grad niedriger ſein als diejenige der Heizluft. Bei Wahl der Zahlen zwiſchen 5 und 15 Grad iſt die Höhenlage der Luft-Zuſtrömungsöffnung zu beachten. Sofern die Heizluft in einiger Entfernung von der Decke oder gar unmittelbar über dem Fuſsboden zur Zimmerluft tritt, verliert ſie einen Teil ihrer Wärme an dieſe, während ſie emporſteigt. Bei beſonders hohen Räumen geringer wagrechter Ausdehnung und geſchickter Verteilung der Luft-Ausſtrömungs-, ſowie Abſtrömungsöffnungen iſt ſogar die Temperatur der Luft an der Decke oft niedriger als am Fuſsboden.

Berechnet man die durchſchnittliche Innentemperatur in Fig. 66, indem man annimmt, daſs die Begrenzungslinie ihre Richtung bis an die Decke und den Fuſsboden beibehält und zwiſchen zwei benachbarten Punkten gerade iſt, ſo entſteht

$$\frac{1}{4{,}4}\left[\frac{43{,}5+41}{2}\,0{,}2+\frac{41+25}{2}\,1{,}8+\frac{25+19}{2}\,0{,}9+\frac{19+15{,}2}{2}\,1{,}4+\frac{15{,}2+15}{2}\,0{,}1\right]=26 \text{ Grad.}$$

Sonach iſt die durchſchnittliche Temperatur nicht unbedeutend höher als diejenige in Kopfhöhe, welche etwa 20 Grad beträgt. Hieraus geht hervor, daſs die für die Wärmeüberführung der Wände in Rechnung zu ſetzende Temperatur höher iſt als diejenige, welche man zu nennen pflegt. Der Unterſchied wird umſo gröſser ſein müſſen, je höher der geheizte Raum iſt, indem die feſte Höhe von etwa $1{,}40$ m immer vom Fuſsboden ab gemeſſen wird; er wächſt ferner mit der Fähigkeit der lotrechten Wände, Wärme zu übertragen.

Ich erwähnte fchon, dafs man im ftande ift, die Schaulinie, welche die Temperaturen darftellt, zu berechnen. In der Regel begnügt man fich jedoch mit einem Zufchlag, welcher bei 3 m Zimmerhöhe = 0, für jedes überfchiefsende Meter davon 5 bis 15 Vomhundert beträgt.

Bei Zufammenftellung der Einzelbeobachtungen zu der in Fig. 66 gegebenen Schaulinie fiel mir auf, dafs die untere Temperatur eigentlich niedriger fein müffe. Nach einigem Nachdenken ergab fich jedoch die Urfache der Abweichung von dem Erwarteten: der unter meinem Zimmer befindliche Raum war geheizt; fomit wurde meinem Zimmer diejenige Wärme durch den Fufsboden zugeführt, welche das unter mir befindliche Zimmer durch die Decke verlor. In diefem befonderen Falle brachte fomit der Fufsboden ftatt eines Wärmeverluftes einen Wärmegewinn hervor.

Es dürfte notwendig fein, derjenigen Lufttemperatur noch einige Worte zu widmen, welche an den an benachbarte gefchloffene Räume grenzenden Einfchliefsungsflächen herrfcht.

Die Luft an der äufseren Fläche der Decke, alfo dem Fufsboden des nächft höher liegenden Gefchoffes, ift im allgemeinen kälter als die Luft, welche in Kopfhöhe des höher gelegenen Raumes fich befindet. Ift diefer regelmäfsig geheizt, fo wird man — je nach Umftänden — auf eine Temperatur von + 10 bis + 16 Grad rechnen können; ift er nicht geheizt, fo finkt feine Lufttemperatur nicht felten unter 0 Grad; ich habe auf einem Dachboden, bei — 17 Grad Temperatur des Freien, über feinem Fufsboden — $6\frac{1}{2}$ Grad gemeffen. So gering, wie die Temperatur des Freien, wird die in Rede ftehende Lufttemperatur niemals, da diejenige Wärme, welche die Decke überträgt, zur Erwärmung der Luft dient. Das gleiche gilt von den Temperaturen an den lotrechten Wanden benachbarter Räume. Auch hier dient felbftverftändlich die übergeführte Wärme zur Erwärmung diefer Räume. Lediglich die genaue Kenntnis der örtlichen Verhältniffe und der gebräuchlichen Benutzung der in Frage kommenden Räume befähigt, die zutreffenden Werte zu wählen. Wenn die benachbarten Räume in unregelmäfsiger Weife geheizt werden, fo mufs man felbftverftändlich den Wärmebedarf jedes einzelnen Zimmers nach den ungünftigften Umftänden berechnen; vollftändig falfch würde es aber fein, die fo für die einzelnen Zimmer gefundenen Wärmeerforderniffe einfach zufammenzuzählen, um die von den gemeinfchaftlichen Feuerungen zu liefernde gefamte Wärme zu beftimmen. Vielmehr find für diefen Zweck die ganzen Gebäude oder Teile davon als von ihren äufseren Einfchliefsungsflächen begrenzte Gefamträume zu behandeln.

In den vorliegenden Erörterungen ift meiftens nur der regelmäfsige Fall in das Auge gefafst, dafs die Temperatur des Freien niedriger ift als diejenige, welche man in den gefchloffenen Räumen haben will. Es dürfte in denjenigen Fällen, in denen der künftlichen Kühlung nicht befonders gedacht ift, leicht zu erkennen fein, in welcher Richtung fich die Vorgänge verfchieben, fofern die Temperatur der gefchloffenen Räume geringer fein foll als diejenige des Freien.

c) Wärmeverluft durch den Luftwechfel.

164. Wärmeverluft.

Die Wärmemenge W_L, welche der Luftwechfel erfordert, ift leicht zu beftimmen, wenn man die Gröfse des Luftwechfels, die ftundlich zu-, bezw. abgeführte Luftmenge $\mathfrak{L}$ (in Kilogr.) kennt. 1 kg Luft gebraucht, um 1 Grad wärmer zu werden, 0,24 Wärmeeinheiten; fomit ift

$$W_L = \mathfrak{L} \cdot 0{,}24\ (T - t), \quad \ldots\ldots\ldots \quad 36.$$

wenn die Temperatur des Freien t Grad und diejenige des geheizten Raumes T Grad beträgt.

Von mancher Seite wird nicht der gröfste Temperaturunterfchied $T - t$ in Gleichung 36 eingeführt, fondern für t eine dem T fich mehr nähernde Gröfse eingefetzt, in der Erwägung, dafs die Luft auf ihrem Wege vom Freien bis zur Erwärmungsftelle am Mauerwerk des betreffenden Kanals eine gewiffe Erwärmung finde. Indeffen ift nicht zu vergeffen, dafs die von den Kanalwänden gelieferte Wärme irgend einen Urfprung haben mufs; mit feltenen Ausnahmen wird fie der Heizung des Haufes entftammen.

Bei unterbrochenem Lüften verteilt fich die Wärmelieferung der Kanalwände auf eine längere Zeit, fo dafs für folches ein mäfsiger Abftrich vom gröfsten Temperaturunterfchied am Orte ift.

Alsdann wird zuweilen, wenn die Temperatur des Freien befonders niedrig ift, die Lüftungseinrichtung aufser Betrieb gefetzt, teils weil die Anlage die gefamte Wärmemenge nicht zu liefern vermag, teils weil mit zunehmendem Temperaturunterfchied die zufällige Lüftung das Bedürfnis nach frifcher Luft befriedigt.

Offenbar bedarf man aber für jedes durch die zufällige Lüftung zugeführte Kilogramm Luft diefelbe Wärmemenge wie für die gleiche Luftmenge, welche durch künftliche Lüftung gefördert wird. Wenn daher überhaupt ein erheblicher zufälliger Luftwechfel eintreten kann, fo mufs er bei Berechnung des Wärmebedarfes berückfichtigt werden.

165. Zufälliger Luftwechfel

Den zufälligen Luftwechfel vermitteln die Spalten der Fenfter und Türen und die Poren der Wände, welche fich zu fehr engen, unregelmäfsigen Kanälchen vereinigen; er wird hervorgerufen durch den Druck des die Einfchliefsungsflächen treffenden Windes und durch den Auftrieb, welcher vom Temperaturunterfchied $T - t$ herrührt. Leider find die Grundlagen, welche zur Berechnung des zufälligen Luftwechfels dienen können, überaus unficher. Nach *Lang*[116]) läfst eine $0{,}03$ m dicke Backfteinplatte bei 108 kg Druck auf 1 qm durch 1 qm Fläche ftündlich im Mittel $0{,}75$ cbm Luft ftrömen, d. h. eine $0{,}50$ m dicke ebenfolche Platte $\frac{0{,}75 \,.\, 0{,}03}{0{,}5} = 0{,}045$ cbm.

Nimmt man nun an, dafs eine Backfteinmauer zu $^1/_6$ aus Mörtel, deffen Durchläffigkeit etwa $4{,}5$mal fo grofs ift, zu $^5/_6$ aus Backfteinen befteht, fo gewinnt man $0{,}071$ cbm ftündlichen Luftwechfel für 1 qm der $0{,}50$ m dicken Wand bei 108 kg Winddruck (oder etwa 27 m fekundlicher Windgefchwindigkeit); 1 cbm Luft gebraucht für 1 Grad Temperaturunterfchied etwa $0{,}3$ Wärmeeinheiten, alfo $0{,}071$ cbm etwa $0{,}021$ Wärmeeinheiten, während diefelbe Wand für den gleichen Temperaturunterfchied $1{,}17$ Wärmeeinheiten verliert. Der Wärmeverluft durch diefen heftigen Wind würde demnach nicht ganz 2 Vomhundert desjenigen betragen, welcher durch Ueberleitung ftattfindet. Beftände die Wand ausfchliefslich aus Luftmörtel, fo würde allerdings der in Rede ftehende Wärmeverluft auf etwa 8 Vomhundert desjenigen fteigen, welcher von der Wärmeüberleitung herrührt.

Dagegen geben *Schultze & Märker* an, dafs fie bei etwa 20 Grad Temperaturunterfchied etwa $2{,}9$ cbm ftündlichen Luftwechfel durch 1 qm Backfteinmauer (deren Dicke nicht angegeben ift) beobachtet haben. Es war dies eine Stallwand; fie hatte vielleicht $0{,}25$ m Dicke, fo dafs der Verluft durch Wärmeüberleitung (fiehe die Tabelle auf S. 143) bei 20 Grad Temperaturunterfchied etwa $1{,}7 \,.\, 20 = 34$ Wärmeeinheiten

116) Siehe: LANG, C. Ueber natürliche Ventilation. Stuttgart 1877. S. 81.

beträgt, wahrend der durch zufällige Lüftung fich zu etwa 2,9 . 0,3 . 20 = 17,4 Wärmeeinheiten, alfo rund 50 Vomhundert jener Zahl berechnet.

Die Berechnung *Pauli's*, nach welcher die Wände des *v. Pettenkofer*'fchen Arbeitszimmers für 1 Grad Temperaturunterfchied, 1 qm Fläche und 1 Stunde 0,245 cbm Luft hindurchliefsen, liefern ähnlich hohe Wärmeverlufte.

Die angezogenen Angaben laffen fich fonach fchwer miteinander in Einklang bringen.

Seitens der Heiztechniker wird vielfach der Wärmeverluft durch zufällige Lüftung nicht beachtet. Man verläfst fich auf die aus anderen Gründen gemachten Zufchläge zum berechneten Wärmeverluft. Andere wählen 5, 10, ja zuweilen 20 Vomhundert Zufchlag zu den für die nach Often und Norden gerichteten Wände berechneten Wärmeverluften, die Höhe des Zufchlages nach der mehr oder weniger freien Lage diefer Wände fchätzend.

Wenn fchon diefes Verfahren unfichere Ergebniffe liefert, fo ift dies bei einem anderen, dem man nicht felten begegnet, in noch weit höherem Grade der Fall. Man fchätzt nämlich den durch die zufällige Lüftung eintretenden Luftwechfel nach dem Inhalte des betreffenden Raumes, und zwar als ftündlich 1 maligen (d. h., dafs der Luftinhalt des Raumes ftündlich 1 mal gewechfelt wird), auch wohl als $\frac{1}{2}$- oder, je nach Umftänden, $1\frac{1}{2}$ maligen, obgleich der Rauminhalt aufser allem Zufammenhange zur Gröfse und Natur der luftdurchlaffenden Aufsenwand und anderen, den zufälligen Luftwechfel beeinfluffenden Dingen fteht.

166. Verdunftung des Befeuchtungswaffers.

Bei Anwendung geregelten Luftwechfels fieht man oft eine Einrichtung vor, mittels welcher die frifche Luft künftlich angefeuchtet werden kann. Es vermag nun die Luft das Waffer nur als Dampf aufzunehmen, weshalb auf eine Wärmequelle Bedacht zu nehmen ift, welche die Verdunftung des Waffers vermittelt. Die Verdunftung von 1 kg Waffer erfordert aber — abgefehen von der fühlbaren Wärme — bei den hier in Frage kommenden Spannungen rund 600 Wärmeeinheiten, fo dafs für den vorliegenden Zweck oft beträchtliche Wärmemengen in Frage kommen.

Diefe Wärme ift felbftverftändlich auch dann aufzubringen, wenn der Luftwechfel durch zufällige Lüftung und die Anfeuchtung der Luft durch Verdunftung im geheizten Raume hervorgebracht wird. Ich habe in Gewächshäufern, insbefondere in einem gröfseren Palmenhaufe, in welchen die Luft aus Rückficht auf das Gedeihen der Pflanzen fehr feucht gehalten werden mufs, mehrfach gefunden, dafs das unbefriedigende Ergebnis der Heizung lediglich dem Nichtbeachten des Wärmebedarfes für die Wafferverdunftung zuzufchreiben war.

d) Wärmeauffpeicherung in Wänden und anderen Körpern.

167. Wärmeauffpeicherung.

Die bisherigen Befprechungen des Wärmeaustaufches durch Wände bezogen fich ausfchliefslich auf den Beharrungszuftand des Heizens. Diefer Beharrungszuftand ift zunächft zu fchaffen, fonach die Temperatur der Wände zu derjenigen zu machen, welche die auf S. 124 gegebenen Rechnungen lieferten. Man wird je nach Umftänden die vorhandenen Temperaturen der den Raum einfchliefsenden Flächen erhöhen oder vermindern müffen, um zum Beharrungszuftande zu gelangen. Auch andere in dem betreffenden Raume vorhandene Körper beanfpruchen in diefer Hinficht unfere Aufmerkfamkeit, indem auch diefe, je nachdem ihre Temperatur eine niedrigere oder höhere ift als die verlangte Lufttemperatur, Wärme aufnehmen oder abgeben. Hierher gehören Möbel und vor allen Dingen Pfeiler und andere Freiftützen. Die Beftimmung der auszuwechfelnden Wärmemengen ift leicht, wenn die Einheitswärme

der Körper und ihr Gewicht bekannt ift. Indes hat die Kenntnis diefer Wärmemengen nur geringen Wert, fofern unbekannt ift, innerhalb welcher Zeit und nach welchem Gefetze der Wärmeaustaufch ftattfindet.

168. Freiftützen.

Fig. 67 mag Gelegenheit zu näherer Darlegung des in Rede ftehenden Vorganges bieten. *a b* und *c d* feien die lotrechten Begrenzungslinien einer Freiftütze von kreisrundem Querfchnitt. Von der Wagrechten *0 0* ab follen die Temperaturen auf lotrechten Linien abgetragen und deren Endpunkte durch Linien verbunden werden. Man gewinnt auf diefe Weife ein überfichtliches Bild der Temperaturen. Es fei ferner feit fehr langer Zeit die Temperatur der Luft, welche die Freiftütze umgibt, unverändert gleich 0 Grad gewefen, fo dafs die gerade Linie *0 0* den Anfangszuftand bezeichnet, d. h. fowohl in der umgebenden Luft, als auch in der Stütze die Temperatur von 0 Grad herrfcht. Erwärmt man nunmehr die Luft, fo entfteht ein Temperaturunterfchied zwifchen ihr und der Oberfläche der Freiftütze, vermöge deffen Wärme in die Stütze abfliefst. Diefe Wärme verteilt fich aber nicht fofort auf den ganzen Querfchnitt der Freiftütze, fondern dient vorzugsweife zum Erwärmen desjenigen Teiles, welcher in der Nähe der Oberfläche fich befindet. Man kann fich vorftellen, dafs, nachdem die Temperatur der Luft auf 5 Grad geftiegen ift, die Temperaturen im Inneren der Freiftütze durch die Linie *I* wiedergegeben werden. In derfelben Weife gehört die Linie *II* zu der Lufttemperatur 10 Grad u. f. w. Bei 15 Grad Lufttemperatur bleibe man beifpielsweife ftehen; alsdann erhöht fich die Temperatur der Stützenoberflache nur noch langfam, während der Erwärmungsvorgang im Inneren der Stütze verhältnismäfsig rafcher fortfchreitet, in dem Sinne, welchen die Linien *IV* und *V* andeuten. Die Gefchwindigkeit des Erwarmens nimmt mit den Temperaturunterfchieden ab, fo dafs genau genommen erft nach unendlich langer Zeit die Temperatur der Freiftütze gleich derjenigen der Luft fein kann. Ift die Stütze erwärmt und finkt wegen Einftellen der Heizung die Temperatur der umgebenden Luft, fo fliefst die Wärme der Freiftütze der Luft zu, erwärmt diefe fonach mehr oder weniger. Die betreffende Wärmemenge wird zunächft denjenigen Teilen der Stütze entnommen, welche in der Nähe der Oberfläche der letzteren fich befinden; erft allmählich bewegt fich, des Leitungswiderftandes halber, die Wärme des Stützeninneren nach aufsen, fo dafs Schaulinien entftehen, welche den in Fig. 67 gezeichneten ähnlich find, aber umgekehrt liegen. Beifpielsweife würden in einer Wand, in welcher die Temperaturverteilung eines Heizungszuftandes durch die ausgezogene Linie in Fig. 68 dargeftellt ift, nach längerem Einftellen der Heizung die Temperaturen durch die punktierte Linie fich wiedergeben laffen.

Fig. 67.

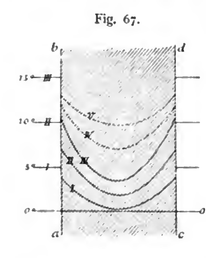


Fig. 68.

Die durch Fig. 67 u. 68 dargeftellten Erwärmungsvorgänge habe ich feinerzeit (1880) nach Schätzung aufgetragen. Zu der 1883er Ausftellung für Hygiene und Rettungswefen zu Berlin hatte nun *Intze* mehrere Darftellungen gemeffener Tem-

peraturzuftände eingefandt, welche meiner Anficht nach recht bedeutungsvoll find, der Anfchauung über die Wärmeverteilung in Wänden erft eine fichere Grundlage geben und deshalb zum Teil durch die beiden nebenftehenden Tafeln wiedergegeben find[117]. Sie geben zwei Beobachtungsreihen einer gefchützt liegenden, 570 mm dicken und einer ebenfo dicken, der Wetterfeite zugekehrten Wand, welche vom 20. Februar bis 2. April 1883 gewonnen worden find. Es find je 7 Thermometer benutzt worden: Nr. 1 im Freien; Nr. 2 fo, dafs die Kugel vom Zementputz der Aufsenfeite völlig bedeckt war; Nr. 7 im Zimmer, Nr. 6 unter dem Putz des letzteren; die Kugel von Nr. 4 befand fich inmitten der Wand, und die Kugeln von Nr. 3 und 5 um ¼ der Wanddicke von der Aufsen-, bezw. Innenwandfläche entfernt. Der Querfchnitt in Fig. 69 läfst übrigens die Tiefenlagen der Thermometerkugeln erkennen. Die Ablefungen fanden zweiftündlich ftatt.

Auf den beiden Tafeln bezeichnen die lotrechten, ganz durchgezogenen Linien die Mitternachtsftunden, die kürzeren 8 Uhr morgens und 4 Uhr nachmittags. Die obere, geftrichelte Linie ftellt die Zimmertemperatur, die untere die Temperatur des Freien dar, während die 5 ausgezogenen Linien den Verlauf der Temperaturen innerhalb der Mauern wiedergeben. Der Ueberfichtlichkeit halber ift die Fläche, welche von den Temperaturen der drei mittleren Thermometer eingenommen wird, leicht fchraffiert.

Oberflächliches Anfchauen der beiden Tafeln läfst nun fchon erkennen, dafs den lebhaften Temperaturwechfeln der Räume einerfeits und des Freien andererfeits gegenüber die Temperatur in der Wandmitte verhältnismäfsig wenig fchwankt. Nr. 3, wie Nr. 5 find fchon lebhafter bewegt, und Nr. 2, wie Nr. 6 laffen Temperaturwechfel erkennen, welche fich denjenigen der Nr. 1 wie Nr. 7 dem Wefen, wenn auch nicht der Gröfse nach, anfchliefsen.

Man vermag aus den Darftellungen Antworten auf manche bemerkenswerte Fragen zu lefen, von denen ich einige hervorheben will.

Am Sonnabend den 24. Februar war in *b* nachts 12 Uhr die Temperatur des Zimmers auf + 14 Grad gefunken; fie fiel noch weiter bis (Montag früh) 10 Grad, und zwar tiefer als die Temperatur im benachbarten Putz, ja noch tiefer als beim Thermometer 6. Es mufs daher eine Wärmeabflufsftelle (vielleicht die Fenfter) vorhanden gewefen fein, welche die Minderung der Zimmertemperatur lebhafter förderte als die Wand. Nach Inbetriebfetzen der Heizung ftieg die Zimmertemperatur fehr rafch; das Thermometer 6 folgte langfam, und als am Montag nachmittags die Zimmertemperatur rafch abnahm, vermochte die Temperatur unter dem Putz nicht zu folgen. Aehnliche Erfcheinungen erkennt man hinfichtlich der übrigen Sonntage, bezw. deren Nachbartage; fie treten fchärfer hervor während der Ofterfeiertage (fiehe die nebenftehende Tafel). Die Temperaturwechfel an der Aufsenfeite der Wände treten am fchärfften an der Wetterfeite (*b*) hervor. Ich weife befonders auf den 5. März hin, an welchem Tage nachmittags 4 Uhr die Temperatur unter dem Putz der Aufsenwandfläche höher war als diejenige im Wandinneren; am 19. März überfchritt jene fogar die Temperatur des Thermometers 5.

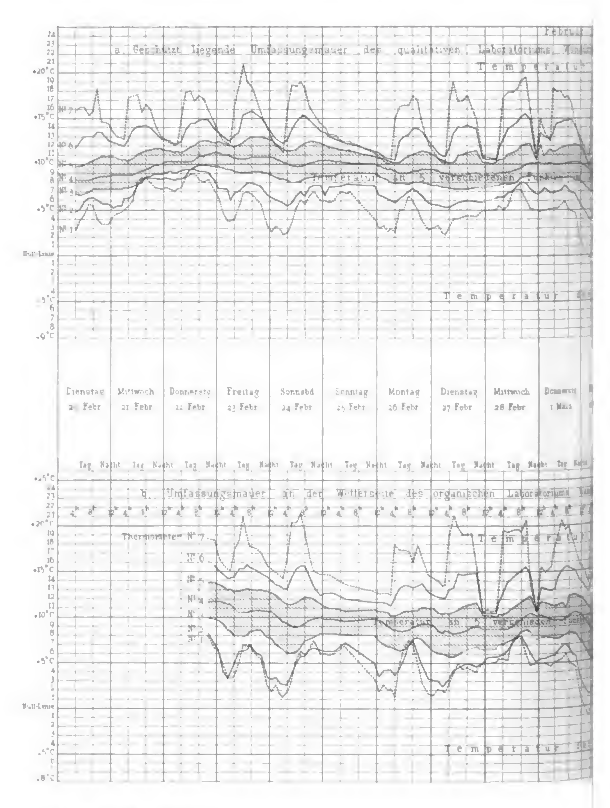
Wenn auch die Anfchauung durch das Eintragen der Temperaturen in den Wandquerfchnitt (Fig. 67 u. 68) gewinnt, fo leidet doch zweifellos die Ueberfichtlichkeit, was Fig. 69 erkennen läfst. Hier find die Temperaturen, welche am 9. März 1883 beobachtet wurden, in den Wandquerfchnitt, bezw. links und rechts davon, in lotrechter Richtung abgetragen, die zufammengehörenden Temperaturen des Wandinneren auch durch gerade Linien miteinander verbunden. Die römifchen Zahlen bezeichnen die Thermometer, die arabifchen, wagrecht gelegten die Temperaturen und die arabifchen ftehenden Zahlen die Zeiten (z. B. 12 m = 12 Uhr mittags; 2 n = 2 Uhr nachmittags). Man erkennt im übrigen ohne weiteres den Verlauf der Wärmeverteilung innerhalb der Wand.

---

[117]) Die damals ausgeftellten Blätter befinden fich im Befitze des hygienifchen Inftituts zu Berlin.

CHEMISCHES INSTITUT DER I

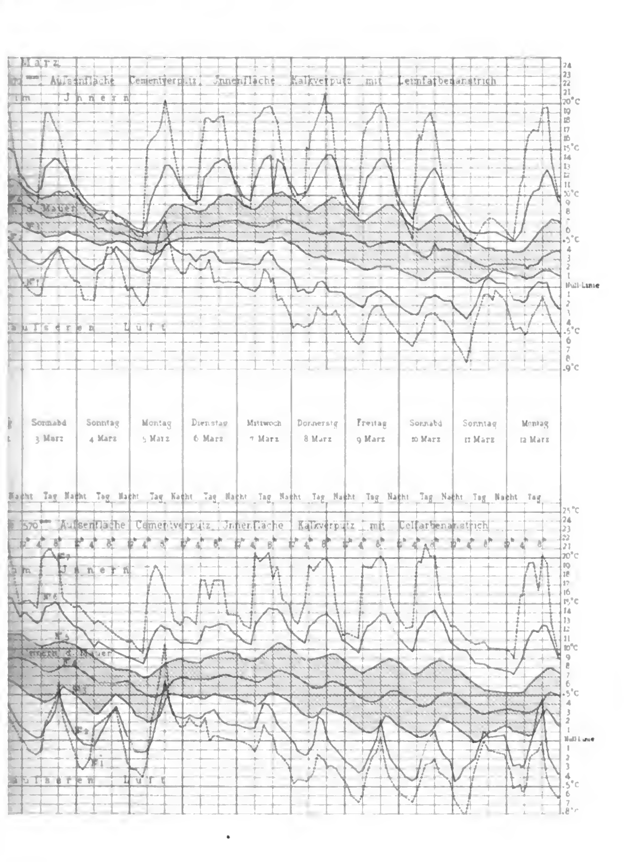
Schaulinien über die Wärmeüber



Handbuch d. Arch. III. 4 (3. Aufl.)

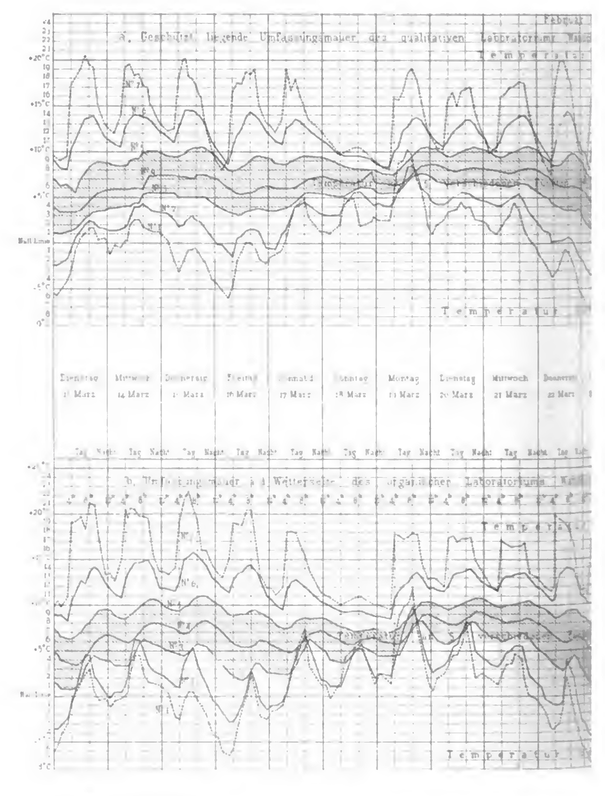
:CHNISCHEN HOCHSCHULE zu AACHEN.

hrung durch Umfassungsmauern.



CHEMISCHES INSTITUT DER

Schaulinien über die Wärmeüber



Handbuch d. Arch. IV. 6. (2. Aufl.)

139.

ECHNISCHEN HOCHSCHULE zu AACHEN.

hrung durch Umfassungsmauern.

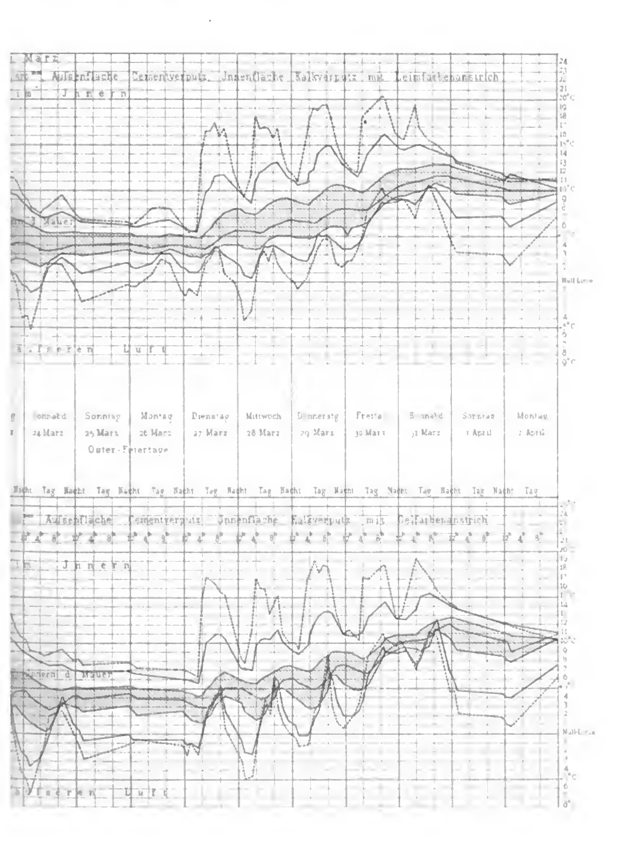
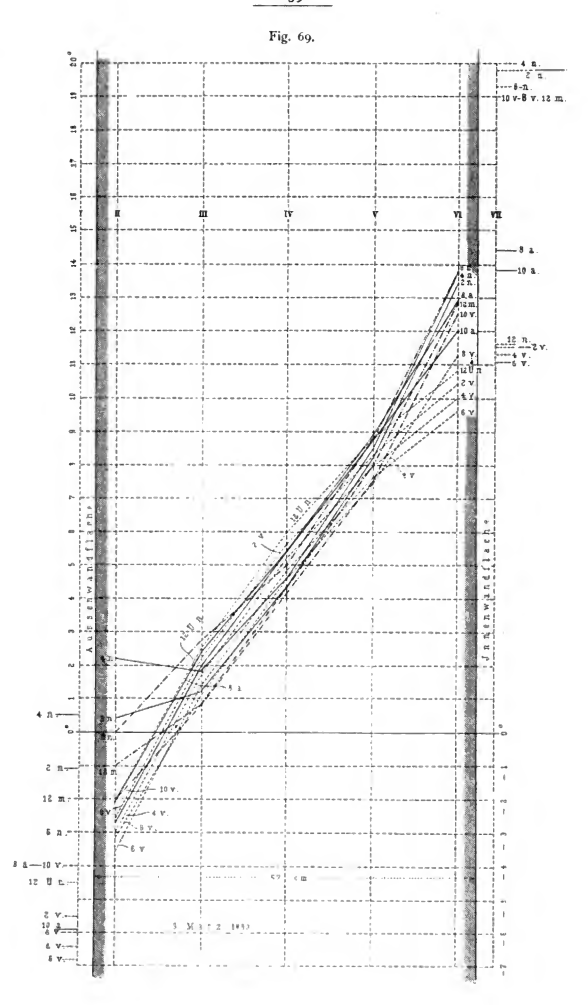


Fig. 69.



169. Beftimmung der ausgetaufchten Wärmemengen.

Aus dem hier dargeftellten fortwährenden Wechfel der äufseren Temperaturen geht nun hervor, dafs der Beharrungszuftand felbft bei ftetiger Heizung niemals erreicht wird, derfelbe aber noch mehr zur Unmöglichkeit wird, wenn — wie in der Regel — zeitweife nicht geheizt wird. Billigerweife follte man deshalb bei Beftimmung der ausgetaufchten Wärmemengen niemals vom Beharrungszuftande ausgehen, fondern diejenigen Vorgänge zu Grunde legen, welche foeben befprochen wurden. Indes ift bisher noch keine wirklich brauchbare analytifche Form für die in Rede ftehenden Vorgänge gefunden[118]); follte fie jedoch gefunden werden, fo würde ihre Anwendung fchwierig bleiben, da die Erwärmungszuftände der Wände und Decken abhängig find von den Temperaturverhältniffen des Freien, welche vor einem zu betrachtenden Zeitpunkte, und zwar oft innerhalb mehrerer diefem Zeitpunkte vorangegangenen Tage, herrfchten. Diefe find von fo vielen anderen Umftänden abhängig, dafs fie wohl niemals in einer Formel ausgedrückt werden können.

Zur Erläuterung deffen mache ich auf Grenzfälle aufmerkfam. Es foll eine Kirche bei 0 Grad Temperatur auf 12 Grad erwärmt werden. Vorher herrfchte eine fehr niedrige Temperatur, welche vielleicht zwifchen — 17 und — 22 Grad fchwankte. Es wird deshalb die erforderliche Wärmemenge fehr grofs fein und keineswegs mit der z. Z. herrfchenden Temperatur von 0 Grad im Einklang ftehen. War die mehrere Tage hindurch herrfchende äufsere Temperatur dagegen milde, an dem in Frage kommenden Tage jedoch fehr niedrig, fo wird man, im Verhältnis zu letzterer, wenig Wärme bedürfen. In den beiden genannten Fällen ift die Sachlage noch einigermafsen zu überfehen. Ift dagegen die Temperatur der Vortage nicht von erheblichen Wechfeln frei gewefen, fo wird niemand im ftande fein, auch nur annähernd zu fchätzen, welche Wärmemengen zum Anheizen erforderlich find.

Hierzu kommt noch ein Einflufs, welcher meines Wiffens bisher vollftändig überfehen wurde, nämlich derjenige, welcher aus den Feuchtigkeitsverhältniffen der Wände entfpringt. Je feuchter die Luft, umfomehr Feuchtigkeit wird fich in den umgebenden Wänden anfammeln, namentlich wenn diefe kälter find als die Luft. Die Menge der Feuchtigkeit hängt ferner in hohem Mafse von der Natur der Wände ab. Infolge einer ftattfindenden Erwärmung der Wände wird eine gewiffe Menge des in Rede ftehenden Waffers verdampft und hierzu oft erhebliche Wärme verbraucht. Wer will diefe Wärmemengen berechnen?

170. Grenzen des Wärmebedarfes.

Da die vorliegende Aufgabe vorwiegend auf Beftimmung des gröfsten Wärmebedarfes gerichtet ift, fo findet fich ein praktifcher Weg zu deren Löfung.

Zunächft laffen fich die äufserften Grenzen des Wärmebedarfes beftimmen.

Seine untere Grenze ift ohne weiteres gegeben. Führt man einem Raume mehr Wärme zu, als durch die Einfchliefsungswände abgeleitet wird, fo wird der Ueberfchufs zum Erwärmen der Maffen dienen, alfo ein Anheizen, ein allmähliches Nähern zum gedachten Beharrungszuftande ftattfinden. Die Luft gibt hierbei mehr Wärme an Wände, Freiftutzen, Geräte u. f. w. ab, als jener Ueberfchufs beträgt; fie wird deshalb längere Zeit eine niedrigere als die gewünfchte Temperatur befitzen; diefe fteigt aber regelmäfsig bis zur verlangten Höhe. Hier ift lediglich unbekannt, innerhalb welcher Zeit die geforderte Lufttemperatur erreicht werden wird.

Die obere Grenze entfpringt dem Verlangen, gleichfam auf der Stelle die in Ausficht genommene Lufttemperatur zu erlangen. Da das Erwärmen der Luft des Raumes nur wenig Wärme verlangt — jedes Kilogramm für jeden Grad der Tem-

118) Siehe: REDTENBACHER, F. Der Mafchinenbau. Bd. II. München 1863. S. 397 ff. — FERRINI, R. Technologie der Wärme. Deutfch von M. SCHRÖTER. Jena 1878. S. 341 ff. — DRONKE, A. Einleitung in die analytifche Theorie der Wärmeverbreitung etc. Leipzig 1882. — KIRSCH. Bewegung der Wärme etc. Leipzig 1886.

peraturerhöhung 0,2377 Einheiten, alfo jedes Kub.-Meter etwa 0,29 Einheiten — fo kann die hierfur erforderliche Wärme vorläufig vernachläffigt werden. Es handelt fich fonach nur um diejenige Wärme, welche in die Oberflächen der Wände eintritt. Aus dem Früheren ift bekannt, dafs der Ausdruck ψ (fiehe Art. 153, S. 124) diejenige Wärmemenge bezeichnet, die fur 1 Grad Temperaturunterfchied zwifchen Wandfläche und Luft ftündlich von diefen ausgetaufcht wird. Ift fomit die Oberflächentemperatur ermittelt, fo ift die Berechnung der in Rede ftehenden Wärme fehr einfach. Das letztere Rechnungsverfahren liefert einen gröfseren Wärmebedarf als das erftere. Je nachdem man in kürzerer oder längerer Zeit die verlangte Lufttemperatur erreichen will, wird man fich mehr dem einen oder dem anderen Grenzwerte des Wärmebedarfes nähern.

Folgender Weg führt zu einem dritten Wert. Da die Fenfter und Türen, zuweilen auch andere Einfchliefsungsflächen (z. B. die bretternen Gewölbe mancher Kirchen), faft kein Auffpeicherungsvermögen befitzen, fo berechnet man die auf diefe entfallenden Wärmeverlufte nach dem Beharrungszuftande. Dickwandige Bauteile, dickere Freiftützen und den Luftinhalt des Raumes behandelt man aber, indem man nur das Anheizen berückfichtigt. Man berechnet die Wärmemenge, welche der Luftinhalt erfordert, um auf die volle Temperatur zu kommen, und ebenfo den Wärmebedarf für eine Schale oder Schicht der Wände, des Fufsbodens u. f. w., deren Dicke man fchätzt, teilt die fo gewonnene, dem Anheizen dienende Wärmemenge durch die in Ausficht genommene Anheizdauer in Stunden und fugt den erhaltenen Wert zu dem Wärmebetrag, welcher ftündlich durch Fenfter, Türen u. f. w. verloren geht. Ich habe gefunden, dafs diefes Rechnungsverfahren für gewöhnliche Kirchen gute Ergebniffe liefert, wenn man die erwähnte Schale 12 bis 15 cm dick annimmt.

Die fo gewonnenen drei Werte geben nunmehr Anhalt genug, um die betreffende Anlage mit ficherem Erfolge ausführen zu können.

Die folgende Tabelle enthält einige Angaben über die Wärme, welche 1 kg des betreffenden Stoffes für 1 Grad Temperaturfteigerung verlangt, das Eigengewicht des Stoffes und endlich die Wärmemenge, welche 1 cbm des Stoffes fur 1 Grad Temperaturerhöhung verlangt, in abgerundeten Zahlen.

Stoffe	Eigengewicht für 1 cbm des Stoffes	Wärmemenge, welche für 1 Grad Temperaturerhöhung erforderlich ift, für 1 kg des Stoffes	für 1 cbm des Stoffes
Waffer	1000	1	1000
Eifen	7500 bis 7800	0,11 bis 0,13	825 bis 1000
Eis	920	0,9	828
Kupfer	8600 bis 9000	0,09	770 bis 800
Kalkftein	2500 » 2800	0,2	500 » 560
Glas	2500 » 2900	0,18	450 » 520
Backfteine	1400 » 2300	0,19 bis 0,24	270 » 500
Steingut	2300 » 2500	0,12	270 » 300
Holz (trocken)	450 » 660	0,5 bis 0,58	230 » 380
Koke	1400	0,2	280
Atmofphärifche Luft (0 Grad)	1,29	0,234	0,3
	Kilogr.	Wärmeeinheiten	

Aus diefer Tabelle geht die bemerkenswerte Tatfache hervor, dafs zwar die Einheitswärme der Backfteine und diejenige der Kalkfteine faft gleich find, fofern fie auf die Gewichtseinheit bezogen werden, dagegen letztere fur gleichen Raum bei weitem mehr Wärme fur eine gleiche Temperaturerhöhung beanfpruchen als erftere. Aus dem Schwanken der einzelnen Werte folgt ferner, dafs für eine Zahl von Stoffen eine genaue Rechnung erft dann möglich ift, wenn man die Einheitswärme des gerade in Frage kommenden Stoffes vorher beftimmt.

Um Fehlfchlüffen vorzubeugen, mufs ich nochmals auf die Wärmeverteilung aufmerkfam machen, welche fchon in Art. 163 (S. 132) befprochen wurde.

Infolge der grofsen Wärmeaufnahmefähigkeit der noch unerwärmten Wände ift diejenige Wärmemenge, welche der Luft auf dem Wege zwifchen der Decke und dem Fufsboden entzogen wird, fomit auch der Temperaturunterfchied zwifchen den höher- und den tiefergelegenen Punkten eines Raumes während des Anheizens gröfser als nach dem Anheizen. Je rafcher man anzuheizen beftrebt ift, umfo gröfser wird, unter fonft gleichen Verhältniffen, jener Unterfchied, d. h. man wird während des Anheizens in höherem Grade das Gefühl zu hoher Temperatur am Kopf und zu niedriger an den Füfsen haben als während des Beharrungszuftandes. Je mehr Waffer die Wände aufzufaugen vermögen, umfo empfindlicher wird der genannte Uebelftand fein. Daher ift ein allmähliches Anheizen für die Behaglichkeit eines Raumes unbedingtes Erfordernis, obgleich es mehr Wärme erfordert als plötzliches Anheizen, da der Raum bis zu Erreichung der gewünfchten Lufttemperatur als unbenutzbar bezeichnet werden mufs und trotzdem bis zu diefer Zeit eine gewiffe Wärmemenge an das Freie abführt.

171.
Wärmebedarf.

Unter Berückfichtigung der genannten Umftände pflegt man für Räume, welche ftetig geheizt werden, lediglich die Wärmemengen in Anfatz zu bringen, welche oben für den Beharrungszuftand näher angegeben wurden. Bei Räumen, welche nur am Tage geheizt werden, macht man für das Anheizen einen Zufchlag von 10 bis 25 Vomhundert, welcher bei gröfseren Unterbrechungen des Heizens wohl ausnahmsweife auf 50 Vomhundert gefteigert wird.

Die Berechnung des Wärmebedarfes für (chriftliche) Kirchen, welche in der Regel nur wochentlich einmal geheizt werden, findet zweckmäfsig nach dem Verfahren ftatt, welches oben für die Berechnung des für das Anheizen erforderlichen Wärmebedarfes angegeben wurde. Um die bedeutenden Temperaturunterfchiede der verfchiedenen Höhenlagen nicht zu grofs werden zu laffen, um vor allen Dingen die durch die Temperaturverfchiedenheiten herbeigeführten Luftftrömungen erträglich zu machen, darf man die Anheizdauer nicht zu knapp bemeffen. Unter 10 Stunden follte man für das Anheizen der Kirchen niemals rechnen; eine längere Anheizdauer ift aber empfehlenswert [119]).

Diejenige Wärmemenge, welche während des Anheizens zum Erwärmen der Wände u. f. w. benutzt wurde, wird nach dem Aufhören des Heizens teilweife an die Luft des betreffenden Raumes wieder zurückgegeben, wie fchon angedeutet wurde. Eine Verwertung diefer Tatfache findet nur infofern ftatt, als man die Heizung fchon während der Benutzung des Raumes einzuftellen vermag. Der geeignete Zeitpunkt hierfür wird durch nachherige Erfahrung beftimmt; er ift ohne Einflufs auf die Anlage, braucht deshalb in diefer Richtung hier nicht erörtert zu werden.

---

119) Vergl.: Centralbl. d. Bauverw. 1888, S. 324.

Von Wichtigkeit ist dagegen der Abkühlungsvorgang, sofern man den betreffenden Raum künstlich zu kühlen gedenkt. Alsdann handelt es sich offenbar um dieselben Vorgänge, welche beim Anheizen besprochen wurden; nur ist die Richtung gegenüber dem Anheizen gleichsam negativ, wie auch die künstliche Kühlung als negative Beheizung bezeichnet werden kann.

Während in mehrfachen Beziehungen das Wärmeaufspeicherungsvermögen der Wände für das Anordnen von Heizungsanlagen Schwierigkeiten bietet, gewährt es in anderer Richtung nicht unwesentliche Erleichterungen. Ich erwähne hier nur, dass bei Berechnung der Heizungsanlage für gut ausgeführte Steingebäude wegen des Wärmeaufspeicherungsvermögens der Massen nicht die niedrigste der vorkommenden Wintertemperaturen, sondern höchstens die Durchschnittstemperatur des kältesten Tages in Ansatz zu bringen ist. Hierdurch vermindert sich der Temperaturunterschied $(T - t)$ oft erheblich.

e) Durchschnittliche Zahlenwerte

zur Berechnung des Wärmeaustausches durch Wände, Decken u. s. w.

1) Wertziffern k (in Wärmeeinheiten für 1 qm Fläche, 1 Stunde und 1 Grad Temperaturunterschied) für die Wärmeüberführung lotrechter Wände.

α) Gemauerte, dem Freien zugekehrte Wände.

Wandstärke in Met.	k					
	Backsteinmauern			Sandstein	Bruchsteinmauern	
	*F.**	*R.**	*Pr.**	*Pr.**	*F.**	*R.**
0,14	2,31	—	2,40	—	—	—
0,27	1,66	—	1,70	—	—	—
0,30	—	1,80	—	2,20	2,45	2,00
0,40	1,37	1,37	1,30	1,90	2,12	1,63
0,50	—	1,17	—	1,70	1,87	1,36
0,53	1,03	—	1,10	—	—	—
0,60	—	1,00	—	1,55	1,68	1,16
0,66	0,96	—	0,90	—	—	—
0,70	—	0,87	—	1,40	1,52	1,01
0,79	0,74	—	0,80	—	—	—
0,80	—	0,77	—	1,30	1,39	0,90
0,90	—	0,70	—	1,20	1,28	0,81
0,92	0,66	—	0,65	—	—	—
1,00	—	0,63	—	1,00	1,18	0,73
1,05	0,59	—	0,60	—	—	—
1,13	—	—	0,55	—		
1,20	—	—	—	0,95		

Backsteinmauern *Pr.**: Bei Quaderverblendung 15 Vomhundert mehr.

Sandstein *Pr.**: Bei Kalkstein 10 Vomhundert mehr.

β) Gemauerte Scheidewände.

Wandstärke in Met.	k	
	Backsteinmauern	Bruchsteinmauern
0,14	2,20	—
0,27	1,62	2,14
0,40	1,23	1,74

γ) Beiderseitig geputzte Scheidewände.

Einfache Bretterwand . . . . $k = 1,5$.

Doppelte hohle Holzwand . . . $k = 0,9$.

Drahtputzwände 4 bis 6 cm dick . $k = 3,0$ (*Pr.**).

Drahtputzwände 6 bis 8 cm dick . $k = 2,4$ (*Pr.**).

δ) Türen, *Pr.**: $k = 2,0$.

ε) Dem Freien zugekehrte Türen.

Dicke der Türen in Centim.	k	
	Eichenholz	Tannenholz
2	2,92	2,24
4	2,2	1,5

ζ) Dem Freien zugekehrte Fenster.

Fenster	*F.**	*Pr.**
Einfache Fenster . .	$k = 5$	$= 5$
Doppelfenster . . .	$k = 1,77$	$= 2,30$

*) Ueber die Bedeutung der Bezeichnungen »*F.*«, »*R.*« und »*Pr.*« siehe Art. 155 (S. 127).

2) Wertziffern k (in Wärmeeinheiten für 1 qm Fläche, 1 Stunde und 1 Grad Temperaturunterſchied) für die Wärmeüberführung von Decken und Deckenlichtern.

	*F.**	*Pr.**
Einfache ungeputzte Bretterdecken, unter ihnen die wärmere Luft . . .	$k = 2$	—
Decken nach Art von Fig. 62 (S. 128), unter ihnen die wärmere Luft . .	$k = 0{,}5$	0,5
Decken nach Art von Fig. 62 (S. 128), über ihnen die wärmere Luft . .	$k = 0{,}3$	0,35
Decken nach Art von Fig. 63 (S. 129), unter ihnen die kältere Luft . . .	$k = 0{,}71$	0,45
Decken nach Art von Fig. 63 (S. 129), über ihnen die kältere Luft . . .	—	0,7
Gewölbe mit vollem Fuſsboden	—	1,0
Hölzerner, über dem Erdboden hohlverlegter Fuſsboden	—	0,6
» in Aſphalt verlegter Fuſsboden	—	1,0
Maſſiver Fuſsboden über dem Erdboden	—	1,4
Einfache wagrechte Fenſter (Deckenlichter), unter ihnen die wärmere Luft	$k = 5{,}4$	5,3
Doppelfenſter, desgl.	$k = 2{,}6$	2,4

3) Gebräuchliche Temperaturen.

α) *F.**

Für Treibhäuſer . . . . $T = 20$ bis 25 Grad.
» Wohnräume, Warmhäuſer, Sitzungsſäle, Hörſäle, Zeichenſäle etc. $T = 17$ » 20 »
» Tanzſäle . . . . $T = 15$ » 18 »
» Kirchen und Kalthäuſer $T = 10$ » 15 »
» Synagogen . . . . . . $T = 15$ » 20 »

β) *Pr.**

Für Geſchäfts-, bezw. Wohnräume aller Art . . . . $T = 20$ Grad.
» Verſammlungs- und Hörſäle . $T = 18$ »
» Gänge, Flure, Treppenhäuſer . . . . $T = 12$ »
» Krankenzimmer . . . . . $T = 22$ »
» Gefängnisräume . . . . . $T = 18$ »

Für die Temperatur des Freien iſt in Anſatz zu bringen:

Bei Treibhäuſern, Warmhäuſern und ähnlichen Bauwerken, in deren Wänden u. ſ. w. nur wenig Wärme geſammelt wird: die niedrigſte der vorkommenden Wintertemperaturen $= t$.

Bei kräftigen Steinbauten: die mittlere Temperatur des kälteſten Tages $= t$.

4) Zuſchläge zu den Temperaturunterſchieden $(T - t)$, wenn die Räume erwärmt werden ſollen.

α) Ueber der Decke befindet ſich ein ungeheizter Raum, deſſen niedrigſte Temperatur zu 0 Grad angenommen wird: Zuſchlag $= + 20$ Grad.

β) Der Raum über der Decke wird regelmäſsig geheizt: Zuſchlag = 25 Grad.

γ) Der Raum unter der Decke wird nicht geheizt: Zuſchlag = 0 Grad.

δ) Der Raum unter der Decke wird regelmäſsig geheizt: Zuſchlag $= - 20$ Grad.

ε) Für lotrechte Wände, ſofern die Zimmerhöhe 3 m nicht überſteigt: Zuſchlag = 0 Grad.

ζ) Für lotrechte Wände der Zimmer, welche höher ſind als 3 m:
Zuſchlag $= 0{,}05$ bis $0{,}15\ (T - t)$ für jedes überſchieſsende Meter Zimmerhöhe.

η) Für das Anheizen: Zuſchlag $= 0{,}1$ bis $0{,}25\ (T - t)$.

5) Einige andere mittlere Werte von k.

Stündliche Wärmeüberführung für 1 Grad Temperaturunterſchied und 1 qm Fläche:

Aus Luft oder Rauch durch eine etwa 1 cm dicke Tonplatte in Luft (nach *Redtenbacher*)	$k = 5$.
Aus Luft oder Rauch durch eine Wand von Guſseiſen oder Eiſenblech	$k = 7$ bis 10.
Aus Luft oder Rauch durch eine guſseiſerne oder ſchmiedeeiſerne Wand in Waſſer und umgekehrt	$k = 13$ bis 20.
Aus Waſſerdampf durch eine guſs- oder ſchmiedeeiſerne Wand in Luft.	$k = 11$ bis 18.
Aus Dampf durch eine metallene Wand in Waſſer	$k = 800$ bis 1000.

Aus Dampf durch eine bekleidete Metallwand in Luft:

nackte Wand	$k = 14{,}3$	nach *Ifherwood*
Wand mit 6,3 mm dicker Filzdecke	$k = 5{,}1$	
» » 12,7 » » »	$k = 2{,}8$	
» » 19 » » »	$k = 2{,}0$	
» » 25 » » »	$k = 1{,}5$	
» » 50 » » »	$k = 1$	
Kiefelgurumhüllung, 15 bis 30 mm dick bedeckt	$k = 1{,}2$ bis $2{,}0$ Wärmeeinheiten.	

---

8. Kapitel.

Luftverunreinigung.

a) Quellen der Luftverunreinigung.

172. Quellen.

In Art. 148 (S. 118) wurde fchon auf die Quellen der Luftverunreinigung hingewiefen, und zwar zunächft auf die Gasentwickelungen, welche der tierifche Stoffwechfel im Gefolge hat. Die Gas-, bezw. Dampfentwickelungen find fehr verfchiedener Art, indem fowohl der Atmungsvorgang als die Ausdünftung der Haut und auch andere Ausfcheidungen des tierifchen Körpers der umgebenden Luft nicht unbedeutende Gasmengen zuführen. Auch die Zerfetzung pflanzlicher und tierifcher Stoffe, die in dem betreffenden Raume vorhanden find, ift als Erzeugerin folcher Gafe zu bezeichnen, welche die Atembarkeit der Luft beeinträchtigen.

Die den genannten beiden Quellen entftammenden Gas- und Dampfmengen laffen fich zum Teile durch Reinlichkeit und gefunde Ernährungsweife wefentlich vermindern; fie find aber niemals ganz zu vermeiden.

Die künftliche Beleuchtung der Räume liefert nicht unbedeutende Mengen zum Teil übelriechender, zum Teil nicht atembarer Gafe. Die dem Freien zu entnehmende frifche Luft ift häufig mit erheblichen Staubmengen behaftet, welche organifchen — herftammend von den Ausleerungen der Pferde u. f. w. — oder unorganifchen Urfprunges find. Häufig wird es notwendig, immer aber wünfchenswert fein, diefe Staubteile von der Luft zu trennen, bevor letztere in die zu lüftenden Räume tritt.

Endlich entftehen infolge gewerblicher Tätigkeit oft grofsere Mengen von dem tierifchen Lebensvorgange fchädlichen Gafen und Dämpfen, fowie die Lungen angreifender Staub. Diefe Luftverunreinigungen können, ihrer Vielfeitigkeit halber, nicht allgemein behandelt werden; ich verzichte daher darauf, an diefem Orte auf fie näher einzugehen.

Die Verunreinigung durch den Stoffwechfel der Menfchen, durch Zerfetzung pflanzlicher und tierifcher Stoffe und durch künftliche Beleuchtung treten faft überall in annähernd gleicher Weife auf, weshalb fie ihrer Natur und ihrer Menge nach eingehender befprochen werden follen.

173. Menfchlicher Stoffwechfel.

Die Gasausfcheidungen der Lungen beftehen der Hauptfache nach aus Kohlenfäure und Wafferdampf; diejenigen der Oberfläche des tierifchen Körpers find zufammengefetzterer Natur; fie beftehen vorwiegend aus Wafferdampf, enthalten aber nicht felten die Zerfetzungsergebniffe abgängiger Hautteile und — rechnet man die Kleidung des Menfchen als zu deffen Körper gehörig — an den Kleidern auf-

gehäuften Schmutzes. Noch verschiedener, sowohl nach ihrer Natur als auch nach ihrer Menge, sind diejenigen Gase, welche dem Eingeweide des tierischen Körpers entweichen. Man hat sich gewöhnt, nach dem Vorgange *v. Pettenkofer*'s, die vorhandene Kohlensäuremenge als Maſs der Luftverunreinigung anzunehmen, unter der allerdings nicht immer zutreffenden Voraussetzung, daſs die übrigen Verunreinigungen im geraden Verhältnis zur Kohlensäuremenge stehen.

Da diese Annahme für den vorliegenden Zweck genügt, so werde ich mich auf die nähere Erörterung der auftretenden Kohlensäuremengen beschränken, außerdem aber, als für die Heizung und Lüftung wichtig, die Dampfentwickelung gebührend würdigen.

174. Kohlensäureentwickelung.

Nach den Versuchen und Angaben von *v. Pettenkofer* und von *Voit*[120]), sowie von *Scharling* und von *Breiting*[121]) darf man im Durchschnitt auf folgende stündlich entwickelte Kohlensäuremengen rechnen:

für einen erwachsenen Mann	40	Gramm
» eine Frau oder einen Jüngling . . .	34	»
» eine Jungfrau	28	»
» ein Kind	22	»

Diese Zahlen entsprechen, wie schon angegeben, Durchschnittswerten und werden vielfach über- und unterschritten, je nach den Ernährungs- und Bewegungsverhältnissen des Menschen.

175. Wasserdampfentwickelung.

Noch mehr ist die Wasserdampfentwickelung wechselnd. Sie hängt nicht allein von der Ernährung des Menschen und davon ab, ob dieser in Ruhe sich befindet oder arbeitet, sondern auch von dem Feuchtigkeitszustande der ihn umgebenden Luft. Sofern letztere trocken ist, wird sie dem Körper gröſsere Feuchtigkeitsmengen in Form von Dampf entziehen; ist sie dagegen nahezu mit Feuchtigkeit gesättigt, so vermag die Haut nur wenig oder gar keinen Wasserdampf an die Luft abzugeben, so daſs die ausgestoſsene Flüssigkeit in Form von Schweiſs die Hautoberfläche bedeckt. Wie bereits in Art. 150 (S. 122) bemerkt, steht hiermit die Art der Entwärmung des menschlichen Körpers in unmittelbarer Beziehung, indem diesem natürlich durch Verdunsten des ausgestoſsenen Wassers Wärme entzogen wird.

In der angedeuteten Richtung sind meines Wissens keine genauen Versuche gemacht, so daſs allein die Durchschnittswerte der Verdunstung bei mittlerem Feuchtigkeitsgehalte der Luft genannt werden können. Sie dürften stündlich betragen:

für einen erwachsenen Mann	100	Gramm
» eine Frau oder einen Jüngling . .	80	»
» eine Jungfrau	65	»
» ein Kind	50	»

176. Gasbeleuchtung.

Die Kohlensäuremenge, welche die Gasbeleuchtung liefert, wurde schon unter B, Kap. 4: Gasbeleuchtung (Art. 46, S. 44) genannt. Im Durchschnitt dürfte sie für 1 cbm verbrannten Leuchtgases mit 1,3 kg in Rechnung gesetzt werden müssen.

Gleichzeitig wird durch Verbrennen des Leuchtgases Wasserdampf entwickelt, und zwar im Durchschnitt 1 kg für 1 cbm Leuchtgas.

Die Verunreinigung der Luft durch andere Leuchtflammen sind derjenigen

120) Siehe: Zeitschr. f. Biologie, Bd. 2, S. 546.

121) Siehe: Lehmann, C. G. Handbuch der physikalischen Chemie. Leipzig 1854. Bd. 3, S. 320.

durch Steinkohlengas, gleiche Lichtentwickelung vorausgefetzt, im allgemeinen gleich zu fetzen[122]).

Wenn man auch, als dem Bedürfniffe entfprechend, die Kohlenfäuremenge, die dem Stoffwechfel entftammt, zum Mafsftabe der gefamten Luftverunreinigung annimmt, fo ift es doch nicht gerechtfertigt, die von der künftlichen Beleuchtung herftammende Kohlenfaure ebenfo zu behandeln. Diefe ift zwar auch von Gafen begleitet, welche die Luft verunreinigen, indeffen keineswegs in demfelben Verhältnis als die dem Stoffwechfel entftammende Kohlenfäure. Meiner Anficht nach follte man deshalb die Kohlenfäure der künftlichen Beleuchtung nur zum Teile in Rechnung ziehen.

177. Sonftige Verunreinigungen.

Die vielfältigen Gafe und der Staub, den die Vermoderung von Möbeln, Kleidern u. f. w. und ihre Benutzung erzeugen, können nicht in Zahlen genannt werden. Man berückfichtigt fie gleichfam, indem man annimmt, dafs fie im geraden Verhältnis zu denjenigen Luftverunreinigungen ftehen, welche dem menfchlichen Körper entftammen.

178. Zuläffiger Kohlenfäuregehalt.

Die Kohlenfäure felbft ift für den Menfchen nicht fchädlich, fofern nicht fehr grofse Mengen davon der Luft beigemifcht find; man hält vielmehr die fie begleitenden, nicht näher angegebenen Gafe für das Schädliche oder Gefährliche. Lediglich die Schwierigkeit oder die Unmöglichkeit, die letzteren Gafe nach Art und Menge zu beftimmen, hat Veranlaffung gegeben, die leichter zu beftimmende Kohlenfäure als Mafsftab der Luftverunreinigung zu benutzen. In diefem Sinne verlangt *v. Pettenkofer*, dafs 1 cbm Luft höchftens 1 l, möglichft aber nur 0,7 l Kohlenfaure enthalten foll. Die Zahlen find gewonnen auf Grund des Geruches derjenigen Luft, welche durch die gasförmigen Ausfcheidungen des Menfchen verunreinigt war; fie müffen hiernach fubjektive genannt werden und können keineswegs den Anfpruch auf unbeftreitbare Gültigkeit erheben. Mit Recht macht *Weifs*[123]) auf die Einfeitigkeit aufmerkfam, welche zur Begründung jener Zahlenangaben geführt hat. Indem *Weifs* zugibt, dafs mit zunehmendem Kohlenfäuregehalt die Atembarkeit der Luft abnimmt oder, mit anderen Worten, die Gefundheit der Menfchen beeinträchtigt wird, verlangt er von den Aerzten die Angabe des Gefetzes, nach welchem die Gefundheitsfchädlichkeit der Luft fich ändert, fo dafs es in Form einer Schaulinie, deren Abfziffen den Kohlenfäuregehalt und deren Ordinaten den fchädlichen Einflufs der betreffenden Luft auf die Gefundheit darftellen, wiedergegeben werden kann. Da ein Luftwechfel im gefchloffenen Raume nur durch Zu- und Ableiten der Luft hervorgebracht werden kann, fo ift mit ihm eine Luftbewegung verbunden. Je gröfser diefe Luftbewegung, d. h. je ftärker der Luftwechfel ift, umfomehr wird im allgemeinen die Gefundheit der Menfchen durch Zugluft beeinträchtigt. *Weifs* verlangt auch die Angabe des Gefetzes für diefe Schädigung der Gefundheit. Würde diefes ebenfalls durch eine Schaulinie aufgetragen, fo würden fich beide in Frage kommenden Linien an irgend einer Stelle fchneiden müffen und im Schnittpunkte diejenigen Verhältniffe angeben, unter denen die betreffende Luft am zuträglichften für den Menfchen ift.

Vorläufig dürften fich die genannten Gefetze nicht in die erforderlichen Formen bringen laffen; man ift daher berechtigt, die genannten Zahlen zwar als willkommene

---

122) Vergl.: Erismann. Unterfuchungen über die Verunreinigung der Luft durch künftliche Beleuchtung etc. Zeitfchr. f. Biologie 1876, S. 315.

123) Vergl.: Civiling. 1877, S. 355.

Anhaltspunkte zu betrachten, ihre völlige Richtigkeit aber zu beftreiten. (Vergl. S. 1 u. 2, fowie Art. 185, S. 152.)

b) Meffen der Luftbeimifchungen.

179.
Meffen
der
Kohlenfäure.

Das einzig zuverläffige Verfahren, die Mengen der Luftbeimifchungen zu beftimmen, befteht im Abmeffen einer beftimmten, mit Beimifchungen behafteten Luftmenge und Ausfcheiden der einzelnen Beimifchungen unter gleichzeitigem Wägen diefer Stoffe. Es würde jedoch zu weit führen, an diefem Orte genauer auf das Meffen von Kohlenoxydgas, Kohlenfäure u. f. w. einzugehen, zumal es, um zuverläffig zu fein, von der Hand eines geübten Chemikers ausgeführt werden mufs. Hierzu kommt noch die Tatfache, dafs man die Gasbeimifchungen nur in befonderen Fällen zu beftimmen hat, fo dafs ich mich begnüge, auf die untengenannten Quellen hinzuweifen [124]).

180.
Meffen
des
Wafferdampfes.

Das Meffen des Wafferdampfgehaltes der Luft fcheint leichter zu fein als das Meffen der übrigen Gasmengen. Ich werde daher ausführlicher darauf eingehen.

Aufser dem auch hier allein zuverläffigen Verfahren, welches eingangs erwähnt wurde, find Mefseinrichtungen im Gebrauch, welche auf einer der folgenden phyfikalifchen Eigenfchaften des Gemifches von Luft und Wafferdampf beruhen.

In der Raumeinheit Luft vermag fich genau eine Raumeinheit Dampf zu verbreiten, deffen Spannung der Temperatur der Luft entfpricht, wobei die entftehende Spannung gleich der Summe der beiden Einzelfpannungen wird. Sinkt die Temperatur der Luft, bezw. des Gemifches von Luft und Dampf, fo vermindert fich die Fähigkeit der Luft, Wafferdämpfe in fich aufzunehmen, indem die zugehörige Dampffpannung eine geringere, alfo das Gewicht der Raumeinheit des Dampfes kleiner wird.

Durch Vermindern der Temperatur derjenigen Luft, welche weniger Wafferdampf enthält, als fie aufzunehmen vermag, kann man fonach zunächft die Sättigung der Luft mit Wafferdämpfen herbeiführen; wird die Luft weiter abgekühlt, fo mufs ein Teil des Dampfes zu Waffer werden. Die in Rede ftehende Abkühlung der Luft kann nun durch kältere Flächen fefter Körper ftattfinden, fo dafs das gebildete Waffer auf den erwähnten Flächen einen Ueberzug bildet. Diejenige Temperatur der betreffenden feften Fläche, bei welcher die Wafferhaut fich zu bilden beginnt, nennt man die Taupunktstemperatur; ihr entfpricht die Spannung des Dampfes, fo dafs das Gewicht der in der Raumeinheit vorhandenen Dampfmenge nach ihr berechnet werden kann.

Das von *Daniell* 1819 erfundene Hygrometer benutzt diefe Tatfache. Leider ift es nur unter Anwendung äufserfter Vorficht anzuwenden, fo dafs es im vorliegenden Falle unbeachtet bleiben kann.

Sofern die Luft nicht bis zur Sättigung mit Wafferdampf gefüllt ift, benutzt fie jede Gelegenheit zu weiterer Wafferverdunftung, und zwar mit umfo gröfserer Entfchiedenheit, je weiter das Gemifch von der Sättigung oder dem Taupunkte entfernt ift. Die Wafferverdunftung erfordert Wärme, fo dafs an deren Ort Abkühlung erfolgt, die fich umfomehr fühlbar macht, je gröfsere Wärmemengen gebunden werden und je rafcher die Verdunftung ftattfindet, indem die Ausgleichung der Temperaturen des Verdunftungsortes und der umgebenden Luft Zeit erfordert. Man ift fomit im ftande, aus dem Unterfchied der Temperatur des Verdunftungsortes und derjenigen der umgebenden Luft auf die Neigung der Luft zur Wafferverdunftung, d. h. auf ihren Feuchtigkeitszuftand zu fchliefsen. Es bedarf nach dem Gefagten kaum hervorgehoben zu werden, dafs nur unter beftimmten Vorausfetzungen, die fchwer zu erfüllen find, gleichartige Ergebniffe gewonnen werden können.

---

124) FISCHER, F. Technologie der Brennftoffe. Braunfchweig 1880. S. 180.
LUNGE, G. Zur Frage der Ventilation. 2. Aufl. Zurich 1879. S. 32. — Gefundh.-Ing. 1883, S. 197; 1885, S. 221; 1886, S. 713.

Das auf dem angeführten Gedanken beruhende, 1829 von *August* erfundene, Pfychrometer genannte Gerät mufs infolgedeffen für die Zwecke der Heizung und Lüftung ebenfalls als wenig brauchbar bezeichnet werden. Beffer fcheint das Schleuder-Pfychrometer von *Doyère* zu fein [125]).

Zwei Thermometer find miteinander verbunden; die Kugel des einen wird feucht gehalten, fo dafs an ihrer Oberfläche die Verdunftung ftattfindet. Man fchleudert nun die beiden an einer etwa 1 m langen Schnur befeftigten Thermometer mit folcher Gefchwindigkeit im Kreife herum, dafs jede Drehung rund eine Sekunde währt, die gegenfätzliche Gefchwindigkeit zwifchen Thermometerkugeln und Luft alfo 6 bis 7 m beträgt. Nach ungefähr 100 Drehungen wird der Temperaturunterfchied beider Thermometer abgelefen.

Die Verdunftung einer Wafferfläche wächft im geraden Verhältniffe des Unterfchiedes zwifchen der Dampffpannung, welche der Waffertemperatur zugehört, und derjenigen, welche in der Luft herrfcht. Letztere fteht in unmittelbarer Beziehung zum Feuchtigkeitsgehalt der Luft. Man kann fomit aus der in einer gewiffen Zeit verdunfteten Waffermenge auf den Feuchtigkeitsgehalt der Luft fchliefsen.

Bei den Verfuchen, welche im Auftrage des Magiftrats der Stadt Berlin in den dortigen Schulen vorgenommen wurden, bediente man fich eines auf den foeben ausgefprochenen Gedanken begründeten Gerätes, welches in der untenangegebenen Quelle [126]) befchrieben ift. Um feine Zuverläffigkeit richtig zu beurteilen, darf man nicht überfehen, dafs die Bewegungsart der umgebenden Luft von grofsem Einflufs auf die Verdunftung ift.

Endlich find die hygrofkopifchen Eigenfchaften pflanzlicher wie tierifcher Stoffe und deren räumliche Veränderungen infolge von Wafferentziehung durch trockene und Wafferzuführung durch feuchtere Luft zur Beftimmung der Luftfeuchtigkeit benutzt. Das hiernach eingerichtete holländifche oder Puppen-Hygrometer (Mann mit dem Regenfchirm und Frau mit dem Sonnenfchirm) ift fehr alt; es wurde fchon 1685 von *William Molyneux* befchrieben. — *Sauffure* benutzte die Längenänderung eines entfetteten Menfchenhaares und befchrieb das nach ihm benannte Hygrometer 1783. — Andere benutzten die hygrofkopifchen Eigenfchaften von Holz- und Strohfafern u. f. w.

Das Verhalten der in Rede ftehenden organifchen Stoffe gegenüber dem Feuchtigkeitszuftande der Luft ift keineswegs ein gleichbleibendes. Durch Staub und andere Einflüffe wird fowohl die Fähigkeit, Waffer auszutaufchen, als auch diejenige, entfprechend der aufgenommenen Waffermenge eine beftimmte Gröfse oder Geftalt anzunehmen, erheblich beeinträchtigt, fo dafs auch diefe Hygrometer oder, beffer gefagt, Hygrofkope keine zuverläffige Auskunft über den Feuchtigkeitsgehalt der Luft zu geben vermögen.

Am wenigften fühlbar fcheinen diefe Uebelftände bei dem von *Kopp* verbefferten *Sauffure*'fchen Hygrofkop zu fein.

Ein gut entfettetes Menfchenhaar wird an einem Ende befeftigt, mit dem anderen Ende um eine leicht drehbare Spindel gelegt. In umgekehrter Richtung ift um diefe Spindel ein Seidenfaden gefchlungen, auf deffen freies Ende eine Feder fo wirkt, dafs das Haar jederzeit leicht, und zwar möglichft gleichförmig, gefpannt bleibt. An der Spindel befindet fich ein entlafteter Zeiger, der über einem Gradbogen fpielt. Der fefte Punkt des Menfchenhaares ift nun einftellbar, fo dafs man im ftande ift, nachdem man das Haar längere Zeit völlig durchnäfster Luft ausgefetzt hat, bei 100 Vomhundert einzuftellen.

Für genaue Beobachtungen des Feuchtigkeitsgehaltes ift nur das eingangs erwähnte, allerdings ziemlich umftändliche Verfahren brauchbar, nach welchem die zu unterfuchende Luft gewogen, dann vollftändig vom Waffer befreit und hiernach wieder gewogen wird [127]).

125) Siehe: Fischer, F. Zeitfchr. f. d. chem. Induftrie 1887, Mai, S. 272.

126) Bericht über die Unterfuchungen der Heizungs- und Ventilations-Anlagen der ftädtifchen Schulgebäude Berlins. Berlin 1879. S. 50.

127) Siehe hierüber: Fischer, F. Zeitfchr. f. d. chem. Induftrie 1887, Mai, S. 271.

181. Meffen ftaubförmiger Beimengungen.

Das Meffen der ftaubförmigen Beimengungen findet zwar zur Zeit felten ftatt, verdient aber diefelbe Beachtung wie das Beftimmen gasförmiger Verunreinigungen. Es gelingt ohne Schwierigkeit, indem man eine beftimmte Menge der zu unterfuchenden Luft durch Waffer drückt, hierauf den genetzten Staub durch Filtern vom Waffer abfcheidet und trocknet. Die Fehlerquellen, welche diefes Verfahren begleiten, haben eine nur geringe Bedeutung, indem die Verunreinigung der Luft durch Staub oft innerhalb fehr kleiner Zeiträume fich ändert, fonach ein genaues Meffen der Staubmengen keinen befonderen Wert hat[128]).

Literatur

über »Luftverunreinigung« und »Meffen der Luftbeimifchungen«.

BREITING, C. Die Luft in Schulzimmern. Deutfche Viert. f. öff. Gefundheitspfl. 1870, S. 17.

Die Luft in den menfchlichen Wohnungen. Landwirth 1870, Nr. 41.

VOGT, A. Unterfuchung der Luft in Krankenhäufern. Schweiz. Corr.-Bl. 1872, Nr. 5.

TREICHLER. Ueber Luftverderbnifs in Schulzimmern und deren Verhütung. Schweiz. Corr.-Bl. 1873, S. 70.

ANES, C. H. Ueber die Befchaffenheit der Luft in Schulen und Arbeitsräumen. *Sanitarian*, Bd. 1, S. 35.

OIDTMANN, H. Unterfuchungen der Luft in gefchloffenen Räumen. Corr.-Bl. d. niederrh. Ver. f. öffentl. Gefundheitspfl. 1873, S. 211.

Refultate der am 26. Mai 1874 im Marinelazareth zu Kiel ausgeführten Unterfuchungen auf den Kohlenfäuregehalt der Luft. Deutfche milit.-ärztl. Zeitfchr. 1874, S. 460.

PINZGER. Ueber Ventilation bewohnter Räume und den Einflufs der Beleuchtung auf die Verfchlechterung der Luft. Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1875, S. 302.

ZELITZKI, L. Refultate der Unterfuchung der Luft in verfchiedenen Claffen der Nordhäufer Schulen. Thüring. ärztl. Corr.-Bl. 1875, S. 4.

LUNGE, G. Zur Frage der Ventilation mit Befchreibung des minimetrifchen Apparates zur Beftimmung der Luftverunreinigung. Zürich 1876.

HUDELO. Ueber die Veränderungen der Zimmerluft durch Leuchtgasheizung. *Annales d'hyg.* 1876, S. 528.

ERISMANN, F. Unterfuchungen über die Verunreinigung der Luft durch künftliche Beleuchtung und über die Vertheilung der Kohlenfäure in gefchloffenen Räumen. Zeitfchr. f. Biologie 1876, S. 315.

HESSE. Zur Beftimmung der Kohlenfäure in der Luft. Zeitfchr. f. Biologie 1877, S. 395; 1878, S. 29.

VOGLER. Ueber Luftverderbnifs und deren Ermittelung. Schaffhaufen 1878.

Bericht über die Heizungs- und Ventilations-Anlagen in den ftädtifchen Schulgebäuden in Bezug auf ihre fanitären Einflüffe, erftattet im Auftrage des Magiftrats zu Berlin. Berlin 1879.

SCHOTTKY, A. Luftunterfuchungen in Schulzimmern. Zeitfchr. f. Biologie 1879, S. 505.

WALLIS, C. Ueber die verfchiedenen Methoden der Kohlenfäurebeftimmung in der Luft für hygienifche Zwecke. Hygiea 1879, S. 585.

HESSE, W. Anleitung zur Beftimmung der Kohlenfäure in der Luft, nebft einer Befchreibung des hierzu nöthigen Apparates. Vierteljahrsfchr. f. ger. Medicin 1879, S. 357.

REMSEN. Vorläufiger Bericht über die Unterfuchungen betr. die befte Methode, um die Menge der organifchen Stoffe in der Luft zu beftimmen. *Nat. board of health bull.*, Bd. 1, S. 233.

Unterfuchungen der Heiz- und Ventilationsanlagen in den ftädtifchen Schulgebäuden zu Darmftadt. Darmftadt 1880.

FODOR, J. v. Das Kohlenoxyd in feinen Beziehungen zur Gefundheit. Deutfche Viert. f. öff. Gefundheitspfl. 1880, S. 377.

VALLIN, E. *Sur quelques procédés pratiques d'analyfe de l'air.* *Revue d'hyg.* 1880, S. 193.

128) Siehe: Polyt. Journ., Bd. 240, S. 52.

WERNICH, A. Ueber verdorbene Luft in Krankenhäufern. Gefundh.-Ing. 1881, S. 77.
Ueber den Nachweis und die Giftigkeit des Kohlenoxyds. Gefundh.-Ing. 1881, S. 251.
ASSMANN. Der Staub in der Atmofphäre und feine Wirkungen. Gefundh.-Ing. 1882, S. 727.
WOLPERT, H. Einfache Luftprüfungs-Methode auf Kohlenfäure mit wiffenfchaftlicher Grundlage. Leipzig 1892.
RAMBOUSEK, J. Luftverunreinigung und Ventilation mit befonderer Rückficht auf Induftrie und Gewerbe. Wien 1904.
MÖLLER, K. Quantitative Beftimmung des Staubgehaltes der Luft. Gefundh.-Ing. 1894, S. 373.

c) Unfchädlichmachen der Luftverunreinigungen.

182. Mittel.

Den üblen Wirkungen der erwähnten Gafe und Dämpfe, fowie des Staubes tritt man auf verfchiedenen Wegen entgegen: man verbreitet entgiftende Gafe und Dämpfe; man reinigt die zu atmende Luft mittels Durchfeihens, indem man Mund und Nafenöffnung mit genetzten Tüchern oder ähnlichem bedeckt; man befeitigt die fchädlichen Gafe und Dämpfe, bevor fie der zu atmenden Luft fich beimifchen; man verdünnt fie in dem Mafse mit reiner Luft, dafs fie nicht mehr fchädlich einwirken können.

Einige der genannten Verfahren bedingen keine baulichen Einrichtungen, können daher an diefem Orte vernachläffigt werden; die anderen erfordern dagegen eingehende Beachtung.

1) Abführung der fchädlichen Gafe, der Dämpfe und des Staubes, bevor fie der zu atmenden Luft fich beimifchen.

183. Anwendbarkeit diefes Verfahrens.

Von diefem Verfahren, welches an fich als das zweckmäfsigfte und wirkfamfte bezeichnet werden mufs, wird vielfach Gebrauch gemacht. Eine grofse Zahl gewerblicher Anlagen würde auf andere Art die zu atmende Luft nicht genügend rein erhalten können. So weit als möglich läfst man die in Rede ftehenden Gafe u. f. w. in dicht verfchloffenen Gefäfsen oder Räumen, die mit einem geeigneten Abzugsrohre verfehen find, fich entwickeln, während befondere Einrichtungen die Beobachtung des betreffenden Vorganges geftatten, ohne dafs ein Menfch in den fraglichen Raum einzutreten hat. Ift ein folches Verfahren nicht zuläffig, fo werden Gafe, Dämpfe und Staub abgefaugt, indem unter einem Rauch-, Qualm- oder Dampffang oder einem ähnlichen Gebilde, oft in Umhüllungen, welche nur kleine Arbeits- und Beobachtungsöffnungen haben, die Luft in dem Mafse verdünnt wird, dafs von allen Seiten die Luft desjenigen Raumes hinzuftrömt, in welchem fich die zur Bedienung der betreffenden Einrichtung erforderlichen Menfchen befinden.

In Wohn- und ähnlichen Räumen kann von dem in der Ueberfchrift genannten Verfahren nur in wenigen Fällen Gebrauch gemacht werden, indem die dem menfchlichen Lebensvorgange entfpringenden Gafe und Dämpfe frei in den Raum ausftrömen müffen, wenn man die Beweglichkeit der Menfchen nicht auf das empfindlichfte beeinträchtigen will. Selbft bei Kranken dürfte das Anbringen von Abfaugefchirmen — die vorgefchlagen find — in folchem Mafse beengend und beunruhigend wirken, dafs diefe die Genefung mehr hemmen als fördern würden.

Die Verunreinigungen, welche durch die Beleuchtungsflammen entftehen, laffen fich indeffen in den meiften Fällen vermeiden, indem die betreffenden Gafe fofort nach ihrem Entftehen in geeigneten Rohren abgeleitet werden. Da diefe Gafe eine hohe Temperatur befitzen, fo bedarf es nur einer zweckmäfsigen Anlage der ge-

nannten Rohre, um darin einen folchen Minderdruck zu erzeugen, dafs durch etwa notwendige Oeffnungen innerhalb der von Menfchen benutzten Räume Luft eingefaugt, alfo das Austreten der fchädlichen Gafe nicht allein verhindert, fondern auch eine teilweife Abführung der Zimmerluft erreicht wird. In Kap. 4 (Gasbeleuchtung, Art. 46, S. 44) find bereits einfchlägige Angaben gemacht und hierher gehörige Einrichtungen befchrieben worden; bezüglich der Berechnung der erforderlichen Mafse, fowie bezüglich der befonderen Einrichtungen an Sonnenbrennern u. f. w. verweife ich auf das weiter unten (Kap. 10) folgende.

2) Unfchädlichmachen der Luftverunreinigungen durch Verdünnen.

α) Erforderliche Verdünnung.

184. Atmofphärifche Luft.

Wenn bisher von reiner Luft die Rede war, fo wurde dabei ftillfchweigend der Vorbehalt gemacht, dafs Luft von folcher Reinheit in Frage komme, wie fie zu haben ift. Die Luft des Freien ift keineswegs lediglich aus den wefentlichen Beftandteilen — etwa 76 Teilen Stickftoff, 24 Teilen Sauerftoff und Wafferdunft — zufammengefetzt, fondern enthält zahlreiche andere Gafe beigemifcht, welche mehr oder weniger als Verunreinigungen der Luft aufgefafst werden muffen. Sie rühren von den Vorgängen her, welche Gas und Staub entwickeln; fie entftrömen den Wohnungen, den Stallungen, den tierifchen Körpern; fie entftehen infolge der Gärung und Fäulnis und bei den verfchiedenften gewerblichen Arbeiten. Die freie Luft hat die wichtige Aufgabe zu erfüllen, die Gafe von der Entftehungsftelle aus dahin zu führen, wo fie gleichfam verbraucht werden; fie ift daher mit den verfchiedenften Gafen beladen. Vermöge des Ergiefsens der Gafe ineinander werden die an irgend einem Orte in reichlicher Menge entwickelten rafch in einem grofsen Raume verteilt, demgemäfs verdünnt, fofern nicht abfchliefsende Wände im Wege find. Das Ergiefsen der Gafe ineinander ermöglicht vorwiegend den tatfächlichen Zuftand, nach welchem die Beftandteile der atmofphärifchen Luft in verfchiedenen Erdteilen faft genau diefelben find; nur in unmittelbarer Nähe des Entftehungsortes der verunreinigenden Gafe find fie in gröfserer Menge zu finden.

Die Ausbreitung des Staubes innerhalb der Luft findet nur vermöge der Wirbelbewegungen der letzteren ftatt. Der Staub ift daher mehr örtlicher Natur als die oben genannten Gafe. Staubteile pflanzlichen Urfprunges werden jedoch vermöge ihrer Kleinheit und ihres geringen Einheitsgewichtes oft aufserordentlich weit getragen, fo dafs man fie in geringen Mengen auch an den ftaubfreieften Orten antrifft.

Was nun die Mengen der der freien Luft beigemifchten Verunreinigungen betrifft, fo ift zunächft die Beimifchung des Staubes, aus angegebenen Gründen, allgemein nicht zu nennen. Unter 3 werden die Mittel zur Befeitigung des in der frifchen Luft enthaltenen Staubes befchrieben werden.

185. Kohlenfäuregehalt.

Die Beimifchung der Kohlenfäure fchwankt zwifchen 0,4 bis 0,8 in 1000 Gewichtsteilen der Luft. Die Kohlenfäure tritt — abgefehen vom Entwickelungsorte — namentlich nach heftigem Regen auf, indem diefer den höher gelegenen Luftfchichten einen Teil ihrer Kohlenfäure entzieht und ihn, beim Aufprallen auf das Strafsenpflafter und dergl., fahren läfst. Da die Luft nach einem Regen fehr gern geatmet wird, fo beeinträchtigt die Kohlenfäure allein die Güte der Luft nicht, wenigftens nicht, foweit ihre Menge innerhalb mäfsiger Grenzen fich bewegt.

Man ſollte deshalb nicht, wie in der Regel geſchieht, fordern, daſs der Kohlenſäuregehalt der von Menſchen zu atmenden Zimmerluft höchſtens 1,0 bis 1,6 Gewichtsteile in 1000 Teilen betragen dürfe, ſondern zweckmäſsiger: der Kohlenſäuregehalt der Luft ſoll durch den Stoffwechſel der Menſchen, nach Umſtänden auch durch die Beleuchtungseinrichtungen, höchſtens um 0,6 bis 1,0 Gewichtsteil in 1000 Teilen Luft vermehrt werden.

186. Waſſergehalt.

Der Waſſergehalt der freien Luft ſchwankt zwiſchen vollſtändiger Sättigung und einem Bruchteil dieſer innerhalb weiter Grenzen. Der Grad der Sättigung wird in Hunderteln ausgedrückt, ſo daſs z. B. die Angabe, eine Luft enthalte 54 Vomhundert Feuchtigkeit, bedeutet: es fehlen 46/100 derjenigen Waſſermenge, welche die Luft unter vorliegenden Umſtänden überhaupt aufzunehmen vermag.

In 1 cbm Luft vermag ſich nun 1 cbm Waſſerdampf, deſſen Temperatur gleich derjenigen der Luft iſt, zu ergieſsen; die Spannung des entſtehenden, 1 cbm Raum ausfüllenden Gemiſches iſt alsdann gleich der Summe der Spannungen der Luft und des Dampfes. Sobald, wie hier immer der Fall iſt, vermöge der Poren in den Einſchlieſsungsflächen das Gemiſch mit der freien Luft in ungehinderter Verbindung ſteht, ſo kann es keine höhere Spannung annehmen als dieſe, d. h. das Gemiſch dehnt ſich gleichzeitig mit ſeiner Bildung aus.

Heiſst die Atmoſphärenſpannung S_1, diejenige des Dampfes S_2 und wird mit Q_1, Q_2, Q das Gewicht der Raumeinheit trockener atmoſphäriſcher Luft, des Dampfes und der mit Dampf geſättigten atmoſphäriſchen Luft bezeichnet, ſo hat die Gleichung 37 Gültigkeit, da bei Ausdehnung von Gaſen ſich die Gewichte der Raumeinheit gerade ſo verhalten wie die Spannungen; demnach

$$\frac{Q}{Q_1 + Q_2} = \frac{S_1}{S_1 + S_2} \quad \ldots \ldots \ldots \quad 37.$$

oder

$$Q = S_1 \frac{Q_1 + Q_2}{S_1 + S_2} \quad \ldots \ldots \ldots \quad 38.$$

Im Gewicht Q iſt Luft und Dampf in demſelben Verhältnis vorhanden, wie dies ohne die Ausdehnung der Fall geweſen ſein würde, d. h. es befinden ſich in jedem Kub.-Meter des Gemiſches Q_l Kilogr. Luft und Q_d Kilogr. Dampf, wenn

$$Q_l = Q \frac{Q_1}{Q_1 + Q_2} = Q_1 S_1 \frac{Q_1 + Q_2}{S_1 + S_2} \frac{1}{Q_1 + Q_2} = Q_1 \frac{S_1}{S_1 + S_2}; \quad \ldots \quad 39.$$

$$Q_d = Q \frac{Q_2}{Q_1 + Q_2} = Q_2 \frac{S_1}{S_1 + S_2} \quad \ldots \ldots \ldots \quad 40.$$

Auf Grund der Gleichungen 37 bis 40 ſind das Gewicht der Raumeinheit geſättigter Luft und die darin enthaltene Luft- und Waſſermenge zu berechnen, ſobald S_1 und S_2, ſowie Q_1 und Q_2 bekannt ſind.

Die Spannung der Atmoſphäre wird gewöhnlich zu $S_1 = 760$ mm Queckſilberſaule angenommen. Die Spannung S_2 des Waſſerdampfes, ſowie ſein Gewicht Q_2 ſind für die hier in Frage kommenden Temperaturen in der folgenden Zuſammenſtellung enthalten. Das Gewicht der trockenen atmoſphäriſchen Luft berechnet ſich, da ſie bei 0 Grad und 760 mm Barometerſtand (oder 10 333 = ∾ 10 000 kg Druck auf 1 qm) 1,293187 kg wiegt und ſich für jeden Grad der Temperaturerhöhung um $\alpha = 0{,}003665$ des Raumes ausdehnt, zu

$$Q_1 = \frac{1{,}293187}{1 + 0{,}003665\, t} = \frac{\gamma_0}{1 + \alpha t}, \quad \ldots \ldots \ldots \quad 41.$$

wenn t die Temperatur der Luft bezeichnet.

Die hier folgenden Zahlen find abgerundete.

Temperatur	1 cbm trockene Luft mit 0,00004 Raumteilen Kohlenfäure wiegt	Spannung des Wafferdampfes	1 cbm gefättigter Wafferdampf wiegt	1 kg trockene Luft vermag an Wafferdampf aufzunehmen
— 20	1,396	13,8	0,9	0,6
— 15	1,368	19,5	1,3	1,0
— 10	1,342	29,2	2,1	1,6
— 5	1,317	43,7	3,2	2,4
— 2	1,303	53,7	4,1	3,1
0	1,293	62,1	4,7	3,6
+ 2	1,284	76,7	5,4	4,2
+ 4	1,274	82,5	6,2	4,9
+ 6	1,265	94,7	7,1	5,6
+ 8	1,256	108,5	8,1	6,4
+ 10	1,247	124,2	9,2	7,4
+ 12	1,239	141,7	10,4	8,4
+ 14	1,230	161,4	11,8	9,6
+ 16	1,221	183,6	13,4	11,0
+ 18	1,212	208,3	15,2	12,5
+ 20	1,205	235,2	17,0	14,1
+ 22	1,197	266,9	19,4	16,2
+ 24	1,188	301,6	21,9	18,4
+ 26	1,180	339,2	24,5	20,9
+ 28	1,173	381,4	27,2	23,2
+ 30	1,165	428,2	30,1	25,9
+ 32	1,157	480,0	33,3	28,8
+ 34	1,150	537,0	36,9	32,1
+ 36	1,142	600,8	41,1	36,0
+ 38	1,135	669,4	45,8	40,4
+ 40	1,129	746,7	50,9	45,1
+ 45	1,110	969,7	65,3	58,8
+ 50	1,093	1250	83,0	76,1
+ 55	1,076	1597	104,6	97,2
+ 60	1,060	2023	130,7	123,8
+ 65	1,044	2552	162,0	155,1
+ 70	1,029	3170	199,4	193,9
+ 75	1,014	3924	243,8	240,4
+ 80	1,000	4820	296,0	296,0
Grad C.	Kilogr.	Kilogr. für 1 qm	Gramm	

187. Zweckmäfsigfter Feuchtigkeitsgehalt.

Die Frage über den zweckmäfsigften Feuchtigkeitsgehalt ift bis jetzt keineswegs als genügend geklärt anzufehen.

Tatfache ift, dafs in wenig Feuchtigkeit enthaltender Luft die Wafferverdunftung des menfchlichen Körpers eine entfchiedenere, in feuchterer Luft dagegen eine geringere ift. Ob eine rafchere oder langfamere Verdunftung des dem Körper in Form von Speifen und Getränken zugeführten Waffers vorteilhafter ift, ift bis heute noch nicht nachgewiefen [129]). Wir wiffen dagegen, dafs eine reichlich mit Wafferdampf

[129]) *Laffus* erwähnt in feinem lefenswerten Schriftchen: »Warmluftheizung mit continuirlicher Feuerung«, dafs in dem namentlich für Lungenkranke heilfamen Luftkurort Davos der Feuchtigkeitsgehalt der Luft häufig nur 25 Vomhundert betrage, und dafs in feinem Haufe, deffen Luft während des Winters felten mehr als 35 Vomhundert Feuchtigkeit enthielt, fich eine kranke Dame wohler fühlt »als in der früher geatmeten feuchteren Luft«.

gefättigte Luft (Gewitterluft, diejenige fchlecht gelüfteter, ftark befetzter Verfammlungsfäle, Theater u. f. w.) für uns unbehaglich ift. Dies ift aber die Gefamtheit deffen, was wir in Bezug auf den Feuchtigkeitsgehalt der Luft wirklich wiffen. Ift es doch noch unentfchieden, ob der Sättigungsgrad der Luft, d. h. das Verhältnis derjenigen Wafferdampfmenge, welche fie bei der betreffenden Temperatur überhaupt aufzunehmen vermag, zur vorhandenen Wafferdampfmenge bei Beurteilung der Frage nach der Zuträglichkeit der Luft eine durchfchlagende Rolle fpielt oder nicht[130]. Verfchiedene hierauf fich beziehende Anfchauungen findet man in der untengenannten Quelle[131] zufammengeftellt; welche diefer Anfichten richtig ift, mufs die Gefundheitslehre entfcheiden. Der Techniker mufs fich einftweilen dabei beruhigen, dafs der zweckmäfsigfte Feuchtigkeitszuftand zwifchen 25 und 75 Vomhundert der vollen Sättigung liegt.

β) Gröfse des Luftwechfels.

188. Ermittelung des erforderlichen Luftwechfels.

Wenn feftgeftellt ift, welcher Kohlenfäuregehalt zugelaffen werden foll und welche Kohlenfäuremengen in dem betreffenden Raume entwickelt werden, fo kann man auf folgendem Wege rechnungsmäfsig den erforderlichen Luftwechfel beftimmen. Es fei:

- L die Luftmenge (in Kub.-Met.), welche ftündlich aus dem Freien zugeführt werden mufs — die Zuluft,
- $\mathcal{J}$ der Inhalt des in Frage ftehenden Raumes (in Kub.-Met.),
- Z die Zeit (in Stunden), und zwar Z_1 die Zeit des Anfanges, Z_2 diejenige des Endes des in Frage kommenden Vorganges,
- σ der Kohlenfäuregehalt der Luft, und zwar σ_1 und σ_2 derjenige zu Anfang und am Ende des Vorganges im Raume vorhandene, σ_0 derjenige der freien Luft,
- C die Kohlenfäuremenge (in Kub.-Met.), welche ftündlich im Raume entwickelt wird.

Alsdann ift die Aenderung des Kohlenfäuregehaltes in der Zeit dZ gleich $d\sigma$, und die Zu- oder Abnahme der Kohlenfäuremenge gleich $\mathcal{J} \, . \, d\sigma$. Sie wird hervorgebracht durch die Entwickelung, bezw. Zufuhr von $L\sigma_0 \, . \, dZ + C \, . \, dZ$ Kub.-Met. und die Abfuhr von $L \, . \, dZ + C \, . \, dZ$ Kub.-Met. Luft, welche enthält $\sigma (L + C) \, dZ$ Kub.-Met. Kohlenfäure.

Sonach ift

$$\mathcal{J} d\sigma = L\sigma_0 \, . \, dZ + C \, . \, dZ - \sigma (L + C) \, dZ,$$

$$\mathcal{J} d\sigma = - [\sigma (L + C) - L\sigma_0 - C] \, dZ \quad \ldots \ldots \quad 42.$$

und

$$\int_{\sigma_2}^{\sigma_1} \frac{d\sigma}{\sigma (L + C) - L\sigma_0 - C} = - \int_{Z_2}^{Z_1} \frac{dZ}{\mathcal{J}}, \quad \ldots \ldots \quad 43.$$

woraus

$$Z_2 - Z_1 = \frac{1}{L+C} \left[\text{log. nat.} \left\{ \sigma_1 (L+C) - L\sigma_0 - C \right\} - \text{log. nat.} \left\{ \sigma_2 (L+C) - L\sigma_0 - C \right\} \right] \mathcal{J};$$

$$Z_2 - Z_1 = \mathcal{J} \frac{1}{L+C} \text{ log. nat. } \frac{\sigma_1 (L + C) - L\sigma_0 - C}{\sigma_2 (L + C) - L\sigma_0 - C} \text{ (Formel von } \textit{Seidel}) \quad \ldots \quad 44.$$

Im Gebäude der Technifchen Hochfchule zu Hannover, welches fehr ftark gelüftet wird, fo dafs — nach Angaben des *Kopp*'fchen Hygrometers — der Feuchtigkeitsgehalt der Luft häufig nur gegen 24 Vomhundert betrug, hat fich, trotz wiederholter Anregung meinerfeits, niemand über zu trockene Luft beklagt.

130) Siehe: Zeitfchr. f. Hygiene 1886, S. 60.

131) FISCHER, F. Zeitfchr. f. d. chem. Induftrie 1887, April, S. 182 ff.

Sie läſst ſich ohne weiteres zur Beſtimmung von $Z_2 - Z_1$ und L benutzen, wenn $C = 0$ iſt, wenn alſo keine Kohlenſäure entwickelt, mit anderen Worten, der betreffende Raum nicht benutzt, aber doch gelüftet wird. Alsdann iſt

$$Z_2 - Z_1 = \mathcal{J} \frac{1}{L} \text{ log. nat. } \frac{\sigma_1 - \sigma_0}{\sigma_2 - \sigma_0}, \quad \ldots \ldots \quad 45.$$

d. h. man findet die Anzahl Stunden, innerhalb welcher bei Anwendung einer Zuluftmenge L der Kohlenſäuregehalt von σ_1 zu σ_2 verändert wird. Ebenſo erhält man die Luftmenge L, welche in einer beſtimmten Zeit $Z_2 - Z_1$ die entſprechende Wirkung hervorbringt, zu

$$L = \frac{\mathcal{J}}{Z_2 - Z_1} \text{ log. nat. } \frac{\sigma_1 - \sigma_0}{\sigma_2 - \sigma_0} \quad \ldots \ldots \quad 46.$$

Die obige allgemeine Formel läſst ſich vereinfachen und damit bequemer löſsbar machen, wenn man berückſichtigt, daſs C als Summand gegenüber L verſchwindet und daſs der Logarithmus immer eine kleine Gröſse haben wird, in

$$Z_2 - Z_1 = \mathcal{J} \frac{1}{L}\, 2\, \frac{\sigma_1 L - \sigma_0 L - C - \sigma_2 L + \sigma_0 L + C}{\sigma_1 L - \sigma_0 L - C + \sigma_2 L - \sigma_0 L - C},$$

$$Z_2 - Z_1 = 2 \frac{\mathcal{J}}{L} \frac{L(\sigma_1 - \sigma_2)}{(\sigma_1 + \sigma_2 - 2\sigma_0) L - 2C},$$

$$Z_2 - Z_1 = \mathcal{J} \frac{\sigma_1 - \sigma_2}{\left(\frac{\sigma_1 + \sigma_2}{2} - \sigma_0\right) L - C} \quad \ldots \ldots \quad 47.$$

und

$$\left(\frac{\sigma_1 + \sigma_2}{2} - \sigma_0\right) L - C = \frac{\mathcal{J}}{Z_2 - Z_1} (\sigma_1 - \sigma_2),$$

ſonach

$$L = \frac{\frac{\mathcal{J}}{Z_2 - Z_1}(\sigma_1 - \sigma_2) + C}{\frac{\sigma_1 + \sigma_2}{2} - \sigma_0} \text{ (Formel von } \textit{Kohlrauſch}\text{)} \quad \ldots \quad 48.$$

Für den beſonderen, aber meiſtens vorliegenden Fall, daſs der Kohlenſäuregehalt der Luft im gelüfteten Raume unverändert bleiben, ſonach $\sigma_1 = \sigma_2 =$ kurzweg σ ſein ſoll, vereinfacht ſich die Formel in

$$L = \frac{\frac{\mathcal{J}}{Z_2 - Z_1}\, 0 + C}{\sigma - \sigma_0}$$

oder

$$L = \frac{C}{\sigma - \sigma_0} \quad \ldots \ldots \ldots \quad 49.$$

Den gleichen Ausdruck gewinnt man auf geradem Wege, indem man bedenkt, daſs im Beharrungszuſtande der Kohlenſäuregehalt σ gleich ſein muſs der zugeführten Kohlenſäuremenge, geteilt durch die zugeführte Zuluftmenge, oder

$$\sigma = \frac{L \sigma_0 + C}{L} \text{ oder, wie oben, } L = \frac{C}{\sigma - \sigma_0}.$$

Die Gröſse $\mathcal{J}$, alſo der Rauminhalt des zu lüftenden Raumes iſt hiernach ohne Einfluſs auf die erforderliche Luftmenge, ſobald der Beharrungszuſtand eingetreten iſt. Bezeichnet man mit $\mathfrak{L}$ die ſtündlich erforderliche Zuluftmenge

(in Kilogr.), mit A die ftündlich im Raume frei werdende Kohlenfäuremenge (in Kilogr.) und mit η, bezw. η_0, η_1, η_2 den Kohlenfäuregehalt der Luft (dem Gewichte nach), endlich mit γ das Gewicht von 1 cbm Luft des Raumes $\mathfrak{J}$ (in Kilogr.), fo werden die Formeln 44, 45, 46, 48 u. 49 zu den anderen:

$$Z_2 - Z_1 = \frac{\gamma \mathfrak{J}}{\mathfrak{L} + A} \text{ log. nat. } \frac{\eta_1 (\mathfrak{L} + A) - \mathfrak{L} \eta_0 - A}{\eta_2 (\mathfrak{L} + A) - \mathfrak{L} \eta_0 - A} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 50.$$

$$Z_2 - Z_1 = \gamma \frac{\mathfrak{J}}{\mathfrak{L}} \text{ log. nat. } \frac{\eta_1 - \eta_0}{\eta_2 - \eta_0}, \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 51.$$

$$\mathfrak{L} = \gamma \frac{\mathfrak{J}}{Z_2 - Z_1} \text{ log. nat. } \frac{\eta_1 - \eta_0}{\eta_2 - \eta_0}, \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 52.$$

$$\mathfrak{L} = \frac{\gamma \dfrac{\mathfrak{J}}{Z_2 - Z_1} (\eta_1 - \eta_2) + A}{\dfrac{\eta_1 - \eta_2}{2} - \eta_0}, \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 53.$$

$$\mathfrak{L} = \frac{A}{\eta - \eta_0} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 54.$$

Man hat geglaubt, auf Grund diefer Formeln den tatfächlich ftattfindenden Luftwechfel meffen zu können, indem man z. B. die beobachteten z_2, z_1, c_0, c_1, c_2 und C, bezw. η_0, η_1, η_2 und A in die Formeln 48, bezw. 53 einfetzte. Diefe Meinung ift jedoch nur in befchränktem Mafse richtig, indem die Einfchliefsungsflächen der von Menfchen benutzten Räume nicht dicht find, infolge weffen fich gröfsere oder geringere Mengen der verfchiedenen Gafe, je nach ihrer Art und ihrem Auftreten, in den Poren der Wandflächen verdichten. Die Formeln 46 u. 52, 48 u. 53 laffen fich dagegen verwenden, um annähernd die Luftmengen zu beftimmen, welche zur Verdünnung der Verunreinigungen erforderlich find, fofern während der Benutzung des Raumes nicht gelüftet werden foll, was gerechtfertigt fein kann, fobald der betreffende Raum nur zeitweife, und dann nur für kurze Dauer, Menfchen aufzunehmen hat, bezw. andere luftverunreinigende Vorgänge darin ftattfinden. Ein folches Verfahren des Lüftens ift umfomehr in einzelnen Fällen verftändig, als, wie bereits erwähnt, in den Wänden, in den Möbeln u. f. w. fich erhebliche Mengen verunreinigender, übelriechender Gafe zu verdichten vermögen, die nachträglich durch frifche Luft gleichfam ausgefpült werden, gleichwie die Kleider einen frifcheren, reineren Geruch erhalten, wenn man mit ihnen in freier Luft fich bewegt.

189.
Beftimmung der zuzuführenden Luftmenge.

In der Regel wird man Formel 49 oder 54 zur Beftimmung der zuzuführenden Luftmengen benutzen. Soll z. B. die Zunahme des Kohlenfäuregehaltes (vergl. Art. 178, S. 147) höchftens 0,6 Gewichtsteile auf 1000 Teile Luft betragen, fonach $\eta - \eta_0 = \frac{0{,}6}{1000}$ fein, fo wird für einen erwachfenen Menfchen, da diefer (vergl. Art. 174, S. 146) im Durchfchnitt ftündlich 40 g = 0,04 kg Kohlenfäure entwickelt, eine Luftmenge

$$\mathfrak{L} = \frac{0{,}04}{\dfrac{0{,}6}{1000}} = 66{,}6 \text{ Kilogr.}$$

oder, bei einer Temperatur von 20 Grad, fo dafs 1 cbm Luft 1,2 kg wiegt,

$$L = \frac{66{,}6}{1{,}2} = 55{,}0 \text{ Kub.-Met.}$$

erforderlich.

In Anbetracht jedoch, dafs der Kohlenfäuregehalt lediglich ein Mafsftab fein foll für die Verunreinigungen, welche die Luft enthält, in Erwägung, dafs diefer Mafsftab nur unter gleichen Umftänden in geradem Verhältniffe zu den eigentlich

verunreinigenden Gafen fteht, dürfte es zweckmäfsig fein, die Luftmengen für jede einzelne Perfon oder andere Quelle der Luftverunreinigung anzunehmen, die vorhin angeführte Rechnung alfo zu unterlaffen, fie vielmehr nur infoweit zu verwenden, als die vier Formeln 46, 52, 48 u. 53 hierzu in bereits erwähnter Weife Veranlaffung geben.

Ein folches Verfahren ift ebenfo genau als das auf die Formeln 49 oder 54 begründete, da es die Berückfichtigung der Umftände, unter welchen die Gasausfcheidungsquellen auftreten, in eben demfelben Mafse geftattet; es ift aber weit überfichtlicher und führt deshalb rafcher zum Ziele. Man wird, aus fchon angedeuteten Gründen, gröfsere Luftmengen durch einen Raum ftrömen laffen, wenn er dauernd, namentlich wenn er Tag und Nacht benutzt wird, geringere dagegen — fofern man ununterbrochen lüftet oder die Fenfter öffnet, fobald der Raum nicht benutzt wird — bei kürzerer Dauer der Benutzung.

Da die uns unbekannten Gafe und Dünfte am unheimlichften erfcheinen, fie am wenigften Vertrauen verdienen, fobald fie von einem Kranken ausgeftofsen find, fo ift den Krankenzimmern ein befonders ftarker Luftwechfel zuzumeffen; handelt es fich um Fieberkranke oder folche, die mit eiternden Wunden behaftet find, fo tritt noch die Erwägung hinzu, dafs von jeder Perfon überhaupt gröfsere Mengen gefährlicher oder doch unangenehmer Gafe frei werden. Auf der anderen Seite ift zu beachten, dafs durch Wachfen der Luftgefchwindigkeit die fchädlichen Einflüffe des »Zuges« wachfen. Unter fonft gleichen Umftänden wird aber die Luftgefchwindigkeit umfo gröfser fein, je kleiner die für jeden Kopf vorhandene Grundfläche des betreffenden Raumes ift; fonach ift für jede Perfon ftark befetzter Räume eine geringere Luftmenge zu rechnen als für jede Perfon in weniger angefüllten Räumen.

190. Erforderliche Zuluftmenge.

Auf Grund der angedeuteten Erwägungen und der Angaben anderer habe ich folgende Tabelle (unter *F.*) zufammengeftellt, welche die ftündlich erforderliche Zuluftmenge nennt. Für in diefer Tabelle nicht genannte Fälle (wie z. B. für Wohnräume u. f. w.) wird man, unter Berückfichtigung der fie begleitenden Umftände. ohne Schwierigkeit auf Grund der früheren Erörterungen und der Tabelle zutreffende Zahlenwerte gewinnen können. Unter *Pr.* find diejenigen Zuluftmengen angeführt, welche laut Erlafs des preufsifchen Minifters der öffentlichen Arbeiten vom 7. Mai 1884 für die Bauwerke des preufsifchen Staates vorgefchrieben find.

Benennung der Quellen	Stündlich erforderliche Zuluftmenge $\mathfrak{Q}$	
	F.	*Pr.*
Für jeden gewöhnlichen Kranken	60 bis 80	
» » Verwundeten oder jede Wöchnerin	80 » 120	50 bis 103
» » Kranken bei Epidemien	120 » 180	
» » Gefangenen	25 » 50	26 bis 39
» » Kopf in Werkftätten, Kafernen, Schaufpielhäufern, Verfammlungsräumen, Hörfälen	25 » 50	26
» » Schüler oder jede Schülerin der höheren Klaffen	20 » 40	13 bis 33
» » jüngeren Schüler oder jede jüngere Schülerin	15 » 30	
» » Reifenden im Eifenbahnwagen	20 » 40	—
» » ftündlich 100 l Gas verbrauchenden Gasbrenner	5 » 10	—

Kilogramm

Ferner *Pr.:* Flure, Treppenhäufer ½- bis 1maliger Wechfel in der Stunde, ausnahmsweife bis 2maliger Wechfel. Aborte und ähnliche Räume 3- bis 5maliger Wechfel.

In manchen Fällen ift übrigens die Zuluftmenge nach der abzuführenden Wärmemenge zu bemeffen. Wenn ein erwachfener Menfch aufser den zur Ver-

dunftung gebrauchten noch 100 Wärmeeinheiten (fiehe Art. 175, S. 146) abgibt und nicht in der Lage ift, durch Wärmeftrahlung einen Teil diefer Wärme nach aufsen zu führen (z. B. in gut befetzten Verfammlungsfälen und dergl.), fo mufs die ihn umgebende Luft fie aufnehmen. Dies ift nur in der Weife möglich, dafs die Luft den Körper des Menfchen befpült und hierbei eine gewiffe Temperaturzunahme erfährt. Läfst man z. B. eine Temperaturzunahme von 8 Grad zu, fo vermag jedes Kilogramm Luft (nach Art. 171, S. 142)

$$8 \cdot 0{,}238 = 1{,}904 \text{ Wärmeeinheiten}$$

aufzunehmen, d. h. man mufs, lediglich in Rückficht auf die Entwärmung des Menfchen, ihm ftündlich 52,6 kg Luft zuführen. 8 Grad Temperaturunterfchied bedeutet aber, dafs, wenn die höchfte Temperatur z. B. 22 Grad nicht überfchreiten foll, die Anfangstemperatur 14 Grad fein mufs. Da man einen höheren Temperaturunterfchied der Zuluft gegenüber der Abluft als 8 Grad nicht zulaffen wird, fo erfordert in allen denjenigen Fällen, in welchen die vom Menfchen entwickelte Wärme durch den Luftwechfel abgeführt werden foll, diefe Wärmeabfuhr einen fo grofsen Luftwechfel, dafs die gleichzeitig eintretende Verdünnung der Luftverunreinigung in den meiften Fällen dem Bedürfnis genügt.

γ) Einflufs der Lüftung auf den Feuchtigkeitsgehalt der Luft.

191. Wafferdampfgehalt.

Indem man die in Rede ftehenden Luftmengen durch den betreffenden Raum führt, beeinflufst man nicht allein den Kohlenfäuregehalt, fowie den Gehalt an folchen Gafen, welche fich mit der Kohlenfäure in gleichem Mafse entwickeln follen, fondern auch den Gehalt an Wafferdampf. Man kann zur Verfolgung des betreffenden Vorganges die Formeln 51 bis 54 benutzen, wenn bedacht wird, dafs der Dampfgehalt niemals gröfser werden kann, als der Sättigung entfpricht (vergl. Art. 186, S. 153) und dafs die die Luft fattigende Dampfmenge mit der Temperatur fich ändert.

Nach Früherem (Art. 176, S. 146) wird der Zimmerluft von den Gasflammen und von den im Zimmer fich aufhaltenden Menfchen fortwährend Wafferdampf zugeführt.

Es heifse das Gewicht des Wafferdampfes, welches auf diefem Wege ftündlich geliefert wird, w (in Kilogr.) und bezeichne η_0, η_1 und η_2 für den vorliegenden Zweck den Gehalt der Luft an Wafferdampf, bezw. der freien Luft, der eingefchloffenen Luft zur Zeit Z_1 und der Luft zur Zeit Z_2; alsdann entfteht unter dem gemachten Vorbehalt, dafs die Luft nie überfättigt werden kann, ohne weiteres

$$Z_2 - Z_1 = \gamma \frac{\mathfrak{J}}{\mathfrak{L}} \text{ log. nat. } \frac{\eta_1 - \eta_0}{\eta_2 - \eta_0}, \quad \ldots \quad 55.$$

$$\mathfrak{L} = \gamma \frac{\mathfrak{J}}{Z_2 - Z_1} \text{ log. nat. } \frac{\eta_1 - \eta_0}{\eta_2 - \eta_0}, \quad \ldots \quad 56.$$

$$\mathfrak{L} = \frac{\gamma \frac{\mathfrak{J}}{Z_2 - Z_1}(\eta_1 - \eta_2) + w}{\frac{\eta_1 - \eta_2}{2} - \eta_0} \quad \ldots \quad 57.$$

$$\mathfrak{L} = \frac{w}{\eta - \eta_0}, \quad \ldots \quad 58.$$

aus welchen Gleichungen die Zuftandsänderung des Waffergehaltes abgeleitet werden kann.

Für den Beharrungszuftand entfteht aus 58

$$\gamma_1 = \frac{w}{\mathfrak{L}} + \gamma_{10}, \qquad 59.$$

ein Ausdruck, welcher befagt, dafs der Dampfgehalt der Luft im gefchloffenen Raume gleich ift demjenigen der zugeführten frifchen Luft, vermehrt um denjenigen Teil des in diefem Raume entwickelten Wafferdampfes, der auf jedes Kilogramm der zugeführten frifchen Luft entfällt. Der Satz ift ohne Schwierigkeit auch unmittelbar abzuleiten.

Beifpielsweife fei die — 20 Grad zeigende Luft des Freien mit 70 Vomhundert der Sättigung gefeuchtet. Im gefchloffenen Raume herrfche die Temperatur + 20 Grad; $\mathfrak{L}$ fei für jede Perfon zu 40 kg beftimmt, während jede Perfon 100 g Waffer verdunftet. Es ift alsdann

$$w = 0{,}1, \quad \mathfrak{L} = 40, \quad \gamma_{10} = 0{,}0004; \text{ fonach } \gamma_1 = 0{,}0029 \text{ kg}.$$

Die Luft von + 20 Grad vermag 0,014 kg Wafferdampf zu enthalten; folglich ift die vorliegende nur mit etwa 20 Vomhundert ihrer Sättigung mit Wafferdampf behaftet. Bei 0 Grad Temperatur des Freien und im übrigen gleichen Verhältniffen würde der entftehende Zuftand fchon innerhalb der oben angegebenen Grenzen fallen, indem der Feuchtigkeitsgehalt der Luft 43 Vomhundert würde.

192.
Schwitzen der Wände u. f. w.

Im allgemeinen nimmt fomit der Prozentfatz der Feuchtigkeit der eingefchloffenen Luft umfomehr ab, je niedriger die Temperatur des Freien gegenüber derjenigen des gefchloffenen Raumes ift. Sobald jedoch die Temperaturen nahezu gleich find, fo mufs notwendigerweife die eingefchloffene Luft, in welcher Menfchen fich befinden, feuchter fein als die freie Luft. Wenn gar die Temperatur des Zimmers eine niedrigere ift als diejenige der frifchen Luft, fo tritt bald ein hoher Feuchtigkeitsgrad ein, welcher nicht felten nahezu die volle Sättigung erreicht, ja zur Ausfcheidung von Waffer führt. Es entfteht, wenn Flächen vorhanden find, die eine geringere Temperatur haben, als diejenige der Luft ift, auf diefen der fog. Schweifs, welchen man in ungeheizten, mit geheizten und ftark bevölkerten Räumen in Verbindung ftehenden Zimmern fo häufig beobachtet und der als »Feuchtigkeit der Wände« einer mangelhaften Bauweife in die Schuhe gefchoben wird. Fehlt es an derartigen kälteren Wänden, fo fcheidet fich der Wafferdampf in Nebelform aus.

193.
Be- und Entfeuchten der Luft.

Im Winter dienen die Fenfterflächen meift als Lufttrockner; im Sommer mufs man befondere Lufttrockner aufftellen, wenn man in ftark befetzten Räumen nicht eine höhere Temperatur als diejenige der freien Luft zulaffen will. Genau genommen follte man den Feuchtigkeitsgehalt der Luft regelmäfsig beobachten und hiernach Vorrichtungen regeln, welche die Be- oder Entfeuchtung der Luft zu bewirken haben. Dies ift vielfach verfucht worden; im folgenden mögen einige der hierher gehörenden Einrichtungen befprochen werden.

δ) Mittel zum Befeuchten der Luft.

194.
Befeuchten der Luft.

Sehr entfchieden wirken die Einrichtungen, welche eigentlich zum Wafchen der Luft, zum Entfernen des Staubes, angewendet werden. Sie werden weiter unten (unter 3) befchrieben werden; hier fei nur bemerkt, dafs durch diefes Anfeuchtungsverfahren nahezu eine Sättigung der Luft herbeigeführt wird.

Offene, mit Waffer gefüllte Schalen ftellt man häufig in den Heizkammern, in den Mündungen der Luftzuleitungskanäle und auch in den Zimmern auf. Erftere Anordnung hat den Vorteil, dafs verhältnismäfsig kleine Wafferflächen eine reichliche Verdunftung zu vermitteln vermögen, indem das Waffer durch den Heizkörper

erwärmt wird und mit der waffergierigften Luft in Berührung kommt. In den Mündungen der Zuluftkanäle aufgeftellte Schalen vermögen auch reichliche Waffermengen zu verdunften, indem — folange ein Anfeuchten überhaupt notwendig wird — die über dem Waffer hinwegftreichende Luft wärmer, alfo verhältnismäfsig trockener ift als die Zimmerluft. Im Zimmer felbft angebrachte Wafferflächen müffen fehr umfangreich fein, um eine nennenswerte Verdunftung zu veranlaffen.

195. Regelung der Luftanfeuchtung.

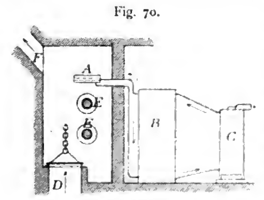
Eine Regel über die zweckmäfsige Gröfse folcher Schalen ift nicht bekannt; tatfächlich erhalten fie von den verfchiedenen Erbauern nicht allein an fich, fondern namentlich auch infofern äufserft verfchiedene Ausmeffungen, als ihr Raum in Frage kommt, fo dafs es z. Z. unmöglich fein dürfte, auch nur annähernd zutreffende Angaben zu machen. Diefe Tatfache dürfte teilweife dem Umftande zuzufchreiben fein, dafs über die nützlichfte Feuchtigkeit erhebliche Meinungsverfchiedenheiten vorliegen, teils dem anderen, dafs die Feuchtigkeitsabgabe der Menfchen einen beherrfchenden Einflufs auf den Feuchtigkeitsgehalt der Luft hat.

Zur Zeit beftimmt man die Gröfse der Anfeuchtungseinrichtungen nach willkürlicher Schätzung, forgt höchftens für deren Regelbarkeit und behält fich im übrigen vor, erforderlichenfalls durch Erweiterungen nachzuhelfen; weifs man doch, dafs kaum jemals nach Ablauf des erften Betriebsjahres Wert auf die Luftanfeuchtungsvorrichtungen gelegt wird. Im erften Betriebsjahre ift aber der Feuchtigkeitsgehalt der neuen Mauern meiftens von folchem Einflufs, dafs man uber mangelnde Feuchtigkeit nicht zu klagen pflegt.

196. Luftanfeuchtungseinrichtungen.

Im Jahre 1876 ftellte die »Anonyme Gefellfchaft für Metallfabrikation zu St. Petersburg« in Brüffel eine Anordnung (in Abbildung) aus[132]), welche durch Fig. 70 ihrem Grundgedanken nach wiedergegeben ift.

Fig. 70.



Es bezeichnet A die flache, teilweife mit Waffer gefüllte Schale, die über den Heizrohren E, E aufgeftellt ift. Letztere haben nur den Zweck, die frifche, durch D zugeführte, durch F zum betreffenden Raume gelangende frifche Zuluft zu erwärmen. C bezeichnet einen aufrechten Keffel zum Erwärmen des Waffers, welches zunächft in den Behälter B und dann zur Schale A fteigt; das kältere Waffer aus diefer finkt in gleichem Mafse nach B und C, um hier erwärmt zu werden. Man ift fomit im ftande, das Waffer der Schale A auf eine beliebige Temperatur zu bringen, um es (innerhalb gewiffer Grenzen) beliebig rafch verdampfen zu laffen. Der geräumige Behälter B dient zur Auffpeicherung der Wärme, wodurch die Ungleichheiten der Heizung in C ausgeglichen werden follen.

Kelling in Dresden zeigte 1877 eine Anordnung, vermöge welcher das Waffer der Verdunftungsfchale durch Gasflammen erwärmt wird.

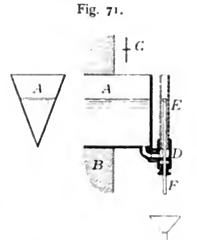
Die Anordnung, welche Fig. 71 darftellt, habe ich — meines Wiffens zuerft — feit 1868 häufig ausgeführt.

Die Schale A hat einen keilförmigen Querfchnitt; fie ragt um fo viel aus der Heizkammerwand B hervor, dafs der an einem Ausläufer der Wafferleitung angebrachte Hahn C der Schale A das nötige Waffer zuzuführen vermag. Am Kopfende der Schale A befindet fich eine Faffung D, welche ein Glasrohr E zum Beobachten des Wafferftandes und ein Ueberlaufrohr F trägt.

[132]) Siehe: Fischer, H. Die Heizung und Lüftung gefchloffener Räume auf der internationalen Ausftellung für Gefundheitspflege und Rettungswefen in Brüffel 1876. Polyt. Journ., Bd. 222, S. 17.

Letzteres iſt in der unten befindlichen Stopfbüchſe der Faſſung *D* verſchiebbar, ſo daſs jeder gewünſchte Waſſerſtand erzielt werden kann. Mit der Höhenlage des Waſſerſpiegels in der Schale *A* oder in mehreren mit ihr verbundenen, ebenſo geformten Schalen ändert ſich offenbar die Verdampfung des Waſſers.

Fig. 71.



Luftanfeuchtungsſchale von *Hermann Fiſcher*.

Im Jahre 1883 ſtellte *Kelling* dieſe Verdampfungsſchale in folgender, weſentlich verbeſſerter Geſtalt aus.

In die Schale — deren Winkel gröſser war wie in Fig. 71 — iſt eine heiſses Waſſer oder Dampf führende Rohrſchlange gelegt, welche vom umgebenden Waſſer mehr oder weniger hoch umſpült wurde. Angeſichts der lebhaften Wärmeabgabe der vom Waſſer unmittelbar berührten Rohrheizflächen dürfte auf dieſem Wege eine ſehr wirkſame Regelung des Verdampfens zu erzielen ſein.

In Gewächshäuſern verwendet man regelmäſsig geheizte, offene Verdampfungsſchalen, die auf die Heizrohre geſetzt oder mit ihnen zuſammengegoſſen ſind und nach Bedarf mit Waſſer gefüllt werden.

Auch durch feuchte Flächen hat man die Verdunſtung vermittelt. *Wolpert* benutzt die Haarröhrchenkraft dochtartiger Gewebe, die einerſeits in Waſſer tauchen, andererſeits ihre Flächen der zu feuchtenden Luft darbieten[133]). Die Flächen werden durch Staub ſehr bald beſchmutzt und dadurch häſslich.

Gefäſse mit poröſen Wandungen können in gleicher Abſicht verwendet werden und gewähren gleichzeitig eine gewiſſe Regelbarkeit. Fig. 72 ſtellt eine Wandöffnung dar, aus welcher die friſche Zuluft in das Zimmer tritt. In ſie iſt eine Vaſe aus poröſem Ton geſtellt, welche verſchieden hoch mit Waſſer gefüllt wird, je nachdem man eine gröſsere oder geringere Verdunſtungsoberfläche wünſcht. Auch dieſe Wandungen werden durch Staub beſchmutzt; ſie können jedoch bequem gereinigt werden.

Fig. 72.

Eine groſse Leiſtung darf man jedoch von dieſen Verdunſtungsflächen nicht erwarten, indem es unmöglich ſein dürfte, ihnen die hierfür erforderliche Ausdehnung zu geben.

Als fernere Art der Luftbefeuchtungsvorrichtungen ſind diejenigen zu nennen, welche das Waſſer fein zerteilt in die Luft ſpritzen laſſen. Man verwendet zu dieſem Ende Brauſen, welche feſtſtehen oder mit ihrem Rohre, nach Art des *Segner*'ſchen Rades, ſich drehen.

Das Zerſtäuben des Waſſers gelingt nicht ſo leicht, als man anzunehmen pflegt. Die gewöhnliche Brauſe arbeitet ſehr unvollkommen und wird ſehr bald von den unvermeidlichen Unreinigkeiten des Waſſers verſtopft. Man hat aus gröſseren (höchſtens 2 mm weiten) Oeffnungen das Waſſer gegen die mäſsig abgerundete Kante eines Keiles, beſſer noch gegen eine ebene Fläche geringer Abmeſſung geführt, um das Zerſtäuben eines ſolchen ſtärkeren Waſſerſtrahles zu bewirken.

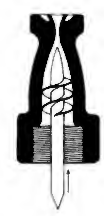
Sicherer gelingt das Zerſtäuben des Waſſers mittels der Streudüſe von *Gebrüder Körting* in Hannover.

Fig. 73 gibt einen lotrechten Schnitt der Düſe. In die eigentliche Düſe iſt ein Stift mit dünnwandigem Gewinde geklemmt. Beim Durchſtrömen der Gewindegänge nimmt das Waſſer

133) Siehe: WOLPERT, A. Theorie und Praxis der Ventilation und Heizung. 2. Aufl. Braunſchweig 1880. S. 913.

eine fo rafche kreifende Bewegung an, dafs es als Staub die Düfe verläfst. Unmittelbar an der Düfenmündung bilden fich Tropfen, welche in einer die Düfenmündung einfchliefsenden Rille gefammelt und durch ein feitlich angebrachtes Loch abgeführt werden[134]).

Fig. 73.



Streudüfe von *Gebrüder Körting* in Hannover.

Von dem fo zerftäubten Waffer nimmt die Luft felten mehr als 4 bis 5 Hundertteile auf. Man fteigert die Aufnahme, d. h. man zerftäubt das Waffer vollftändiger dadurch, dafs man Prefsluft in einer Düfe in rafch kreifende Bewegung verfetzt und zum Hinausfchleudern des Waffers benutzt. Die faft vollftändigfte Zerftäubung wird durch Ueberhitzen des Waffers erreicht[135]). *Gebrüder Körting* in Hannover haben diefes Verfahren für Spinn- und Webfäle fehr vorteilhaft ausgebildet. Für Wohnräume, Verfammlungsfäle und dergl. dürfte es, des auftretenden Geräufches halber, fich weniger eignen.

Die Regelung diefer Zerftäubungseinrichtungen findet im wefentlichen durch Ein-, bezw. Ausfchalten ftatt.

Erfolgt die Luftanfeuchtung mittels Waffer, fo mufs in der Regel die Luft die zu feinem Verdampfen erforderliche Wärme (etwa 0,6 Wärmeeinheiten für 1 g Waffer) liefern. Dies wird vielfach überfehen. Benutzt man Dampf zum Anfeuchten, fo fällt natürlich die angedeutete Schwierigkeit hinweg; jedoch entfteht eine andere, indem nämlich frei ausftrömender Dampf felbft mäfsiger Spannung ein lebhaftes Geräufch verurfacht. Man mildert diefes Geräufch durch allmähliches Entfpannen des Dampfes, indem man z. B. das gelochte Dampfrohr vielfach mit Drahtgewebe umwickelt oder in ein Kiesbett legt.

Behufs Regelns diefes Anfeuchtungsverfahrens mufs man — da durch Droffeln des Dampfes Geräufch entftehen würde — mehrere Rohre anwenden, welche nach Bedarf abzufperren find.

Leichter regelbar ift das folgende Luftanfeuchtungsverfahren. Man feuchtet die Luft bei entfprechend niedriger Temperatur bis zur völligen Sättigung an, oder doch nahezu bis dahin, und erwärmt fie hierauf bis zur gewünfchten Temperatur.

Beifpielsweife betrage diefe Temperatur 20 Grad; die Luft foll bis zu 50 Vomhundert der Sättigung gefeuchtet fein; dann hat fie in 1 kg 7,05 g Wafferdampf zu enthalten. Nach der Tabelle auf S. 154 enthält gefättigte Luft von 9 Grad diefe Dampfmenge, fonach mufs die Sättigung der Luft bei diefer Temperatur erfolgen, wenn fie bei 20 Grad zur Hälfte der Sättigung mit Wafferdampf gefchwängert fein foll, und zwar ohne weiteren Zuflufs von Dampf. Würde dagegen für je 40 kg zugeführter frifcher Luft die Dampfentwickelung eines erwachfenen Menfchen berückfichtigt werden müffen, fo würde nach Formel 59

$$\eta_0 = \eta_i - \frac{w}{\mathfrak{L}}, \qquad \ldots\ldots\ldots \qquad 60.$$

alfo

$$\eta_0 = 0{,}007 - \frac{0{,}1}{40} = 0{,}007 - 0{,}0025 = 0{,}0045$$

fein. Daher müfste jedes Kilogramm der zugeführten Zuluft 4,5 g Wafferdampf enthalten, oder fie müfste im gefättigten Zuftande (vergl. die Tabelle auf S. 154) + 3 Grad warm fein.

Das in Rede ftehende Verfahren ift offenbar nur dann anzuwenden, wenn die Luft zweimal erwärmt wird: nämlich einmal bis zu der Temperatur, bei welcher die Sättigung der Luft ftattfinden foll, und hierauf bis zu der Temperatur, welche

[134]) Siehe auch: Die *Wolpert*'fche Verdunftungs-Glocke. Deutfche Bauz. 1881, S. 393.
[135]) L. Sconfietti. D. R.-P. Nr. 151 361.

man der Luft überhaupt geben will. Nach Umſtänden würde eine vorherige Kühlung erforderlich ſein.

2) Mittel zum Trocknen der Luft.

197.
Verwendung von Chlorcalcium u. ſ. w.

Faſt alle, welche über Lüftung ſchreiben oder ſprechen, betonen die Notwendigkeit einer künſtlichen Luftanfeuchtung; von niemand habe ich bisher — ſoweit die Lüftung ſolcher Räume in Frage kommt, in welchen Menſchen ſich aufhalten — das viel wichtigere: das künſtliche Trocknen der Luft hervorheben hören. Da Ausführungen, welche bezwecken, die zuzuführende oder in den von Menſchen benutzten Räumen vorhandene Luft zu trocknen (gewerbliche Betriebe ausgenommen), nicht bekannt ſind, ſo will ich mich an dieſem Orte auf Andeutungen betreffs der hierfür verfügbaren Mittel beſchränken.

Schwefelſäure verſchluckt je nach ihrer Reinheit verſchiedene Dampfmengen; jedes Kilogramm friſchgebrannten Kalkes $^1/_3$ kg Dampf; 1 kg kriſtalliſiertes Chlorcalcium nimmt bis 1 kg, ſchaumiges oder kalziniertes Chlorcalcium das Doppelte und geſchmolzenes Chlorcalcium das Dreifache des Anfangsgewichtes an Waſſer auf.

Die Schwefelſäure dürfte, weil ſie der Luft beigemiſchte Staubteile pflanzlichen oder tieriſchen Urſprunges zerſetzt und dadurch Geruch verurſacht, für die vorliegenden Zwecke kaum in Frage kommen. Am meiſten empfiehlt ſich augenſcheinlich das Chlorcalcium, und zwar das kriſtalliſierte, indem die bei 129 Grad eingedampfte Löſung auf den mit ihr getränkten Geweben raſch kriſtalliſiert, ſo daſs dieſe Gewebe dem Trocknen zu dienen vermögen. Das Chlorcalcium wird durch die aufgenommene Feuchtigkeit flüſſig und tropft ab.

Bisher fehlt jede Angabe hinſichtlich der Zeit, innerhalb welcher beſtimmte Oberflächen der hier angezogenen Mittel beſtimmte Luftmengen in beſtimmtem Grade zu trocknen vermögen.

198.
Kühlen der Luft.

Ein anderes Mittel beſteht im künſtlichen Kühlen der Luft. Durch dieſes wird ein Teil des Waſſerdampfes ausgeſchieden, ſo daſs nach dem folgenden Erwärmen der gewünſchte Grad der Feuchtigkeit erreicht wird. Das Berechnungsverfahren für den erforderlichen Grad der Abkühlung iſt bereits auf S. 163 angegeben; die Mittel zum Abkühlen werden weiter unten (Kap. 13) beſprochen.

3) Entſtauben der Luft.

199.
Staubgehalt der Luft.

Die Umgebung der Schöpfſtellen für friſche Luft verurſacht nicht ſelten gröſseren Staubgehalt der letzteren; aber auch die beſtgelegene Schöpfſtelle führt erhebliche Mengen Staub in das zu lüftende Gebäude, weshalb an ſeine künſtliche Ausſcheidung gedacht werden muſs [136].

Daher iſt ſchon lange dem Entſtauben der Luft gröſsere Aufmerkſamkeit geſchenkt worden, da der Staub nicht allein läſtig iſt, ſondern auch, als Träger irgendwelcher Anſteckungsſtoffe, ſehr gefährlich ſein kann.

Man kann nun täglich beobachten, daſs ſelbſt bei geſchloſſenen Fenſtern in ungelüfteten Räumen erhebliche Staubmengen ſich ablagern; wieviel mehr muſs

[136]) Die Zuluft, welche den Räumen der Hochſchule in Hannover geliefert wird, entnimmt man dem wegen ſeines ſchönen Baumbeſtandes, ſeines geringen Verkehres und deshalb ſeiner ſtaubfreien Luft geſchätzten Welfengarten. Sie wird zweimal gefiltert und läſst hierbei auf den Filtern ſo erhebliche Staubmengen zurück, daſs nach 14tägigem Betriebe kräftige — eine Betriebskraft von etwa 30 Pferdeſtärken beanſpruchende — Flügelgebläſe nicht mehr im ſtande waren, die Luft in genügender Menge durch die Filter zu drücken, ein Ergebnis, welches das oben Geſagte vollſtändig beſtätigt.

dies gefchehen, wenn man künftlich viel Luft durch die Räume führt, in welchen fie, wegen verhältnismäfsiger Ruhe, einen mehr oder weniger grofsen Teil des mitgebrachten Staubes zurückläfst.

Allerdings wird man niemals gröfsere Luftmengen völlig entftauben können; felbft dichte Kleider vermögen den Staub nicht ganz vom menfchlichen Körper fernzuhalten, und auf hohem Meere hat man die Luft mit Staub behaftet gefunden. Aber die verfügbaren Mittel geftatten eine folche Reinigung der Luft, dafs fie als im wefentlichen ftaubfrei bezeichnet werden kann.

200. Staubablagerungskammern.

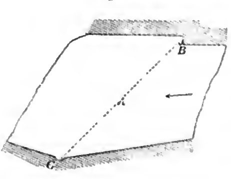
Das einfachfte und den geringften Kraftaufwand beanfpruchende Verfahren der Staubausfcheidung befteht in der Anordnung geräumiger Luftkammern, welche auch aus anderen Gründen zweckmäfsig find. Zur Verhinderung nachträglichen Aufwirbelns des niedergefallenen Staubes durch Windftöfse verfieht man den Boden der Kammern mit lotrechten oder auch geneigten Wänden, die, behufs Entfernens des niedergefallenen Staubes, wegnehmbar eingerichtet werden. Trotz zweckmäfsigen Anordnens folcher Staubablagerungsräume gelingt jedoch nur die Ausfcheidung der gröberen und fchwereren Staubteile, während die Staubteile pflanzlichen und tierifchen Urfprunges, fowie der fo unangenehme Rufs, ihrer gröfseren Leichtigkeit wegen, faft vollftändig in der Luft zurückbleiben.

Die verhältnismäfsig geringe Wirkfamkeit der gewöhnlichen Staubablagerungskammern ift dem Umftande zuzufchreiben, dafs jedes Staubteilchen mit einer verhältnismäfsig grofsen Lufthülle umgeben ift[137]), wodurch das Einheitsgewicht jedes Staubteilchens, einfchliefslich feiner Hülle, dem Einheitsgewichte der Luft, in welcher es fich bewegt, fich nähert. Da aufserdem die Einwirkung der Luftftrömungen auf das Staubteilchen (welche mit dem Quadrat der Dicke zunimmt) gegenüber feinem Gewichte (welches mit dem Kubus der Dicke wächft) umfomehr fich geltend macht, je kleiner das Staubteilchen ift, fo genügen fehr geringe Luftbewegungen zum Schwebendhalten feinen Staubes.

Sobald aber die umgebende Luft feucht ift, wird die Lufthülle des Staubteilchens durch Dampf, welcher fich teilweife zu Waffer verdichtet, verdrängt; die gegeneinander ftofsenden Staubteilchen prallen nicht mehr zurück, fondern haften aneinander und werden dann weniger am Niederfinken gehindert. Feuchte Luft enthält deshalb unter gleichen Umftänden viel weniger Staub als trockene. Dies mag manchen — unbewufst — zum Verehrer der feuchten Luft gemacht haben; dies rechtfertigt auch in vielen Fällen die im vorhergehenden erörterte künftliche Luftanfeuchtung.

Für den hier vorliegenden Zweck treten noch die folgenden Luftanfeuchtungsmittel den unter 2, δ bereits angeführten hinzu.


Fig. 74.



201. Wafferfchleier.

Genetzte, abgelagerte Staubteile werden durch abfliefsendes Waffer fofort befeitigt. Man hat deshalb an geeigneter Stelle des Luftkanals einen künftlichen Regen- oder einen fog. Wafferfchleier hervorgebracht und für entfprechenden Wafferabflufs geforgt. Das Verfahren erfordert viel Waffer und wirkt doch nicht immer befriedigend.

202. Naffe Filter.

Zweckmäfsiger erfcheint das Netzen der Filtergewebe. Man legt über das Filter *A* (Fig. 74)

[137]) Siehe: Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1883, S. 600, 604.

eine Rinne *B*, deren über dem Filter befindlicher Rand genau wagrecht ift, um das in *B* geleitete Waffer in genau gleicher Schichtdicke darüber fliefsen zu laffen. Das Waffer durchtränkt das Filter *A*, bläht feine Fäden auf und netzt den mit der Luft ankommenden Staub, der, mit dem Waffer eine fchwarzbraune Brühe bildend, mittels der Rinne *C* abgeleitet wird. Als Uebelftände diefer Anordnung find mir von mehreren Befitzern folcher naffer Filter das rafche Faulen der Filter und die Unbequemlichkeit genannt, dafs bei kaltem Wetter das Waffer gefriert.

203.
Luftwafcher.

Gelegentlich der 1878er Parifer Weltausftellung lernte ich eine von *H. Lacy* in Todmorden[138]) hergeftellte Luftanfeuchtungseinrichtung kennen (vergl. Art. 194 bis 196, S. 160 bis 163), die im vorliegenden Sinne verwendet werden kann.

Fig. 75.

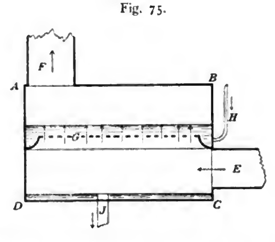


Fig. 75 ftellt das Wefentliche ihrer Einrichtung dar. Der Kaften *ABCD*, in welchen die zu behandelnde Luft mittels des Rohres *E* eingeführt wird, während das Rohr *F* fie weiterleitet, ift durch eine durchbrochene, wagrechte Platte *G* in zwei übereinanderliegende Abteilungen zerlegt. Das Rohr *H* führt Waffer in eine die Platte *G* ringsum begrenzende Rinne, und von diefer fliefst es in dicker Schicht über die Platte, durch die Oeffnungen der letzteren nach unten fallend. Ein Rohr *J* führt das Waffer ab. Die von *E* heranftrömende Luft trifft zunächft den unter *G* fich bildenden Regen, dringt alsdann durch die Oeffnungen der Platte *G*, fowie durch die über diefer liegende Wafferfchicht und gelangt in gewafchenem Zuftande in *F* an. Wenn die über *G* liegende Wafferfchicht 5 cm beträgt — wie angegeben wird — und die Luftgefchwindigkeit keine zu grofse ift, fo dürfte das Netzen fämtlichen Staubes gelingen. Das Gefrieren des Waffers kann hier durch vorheriges Anwärmen verhindert werden.

Vogt in Berlin hat 1879 in einer der dortigen ftädtifchen Schulen eine ähnliche Anordnung in Anwendung gebracht[139]).

Hier wird die frifche Luft mittels zweier durchlöcherter Rohre, die, in einem Keffel liegend, mit Waffer reichlich bedeckt find, durch Waffer gedrückt. Der Keffel ift eingemauert und mit Feuerung verfehen, fo dafs man feinen Inhalt nach Bedarf erwärmen, alfo das Gefrieren des Waffers verhindern kann.

Die genannten Luftwafcher find in diefer ihrer Eigenfchaft gewifs die beften z. Z. bekannten Staubabfonderer; fie find aber nicht von Mängeln frei, welche ihre Anwendung in fehr vielen Fällen unmöglich machen.

Zunächft ift in diefer Beziehung zu bedenken, dafs die Luft während des Wafchens fich mit Wafferdampf nahezu fättigt. Soll fie trotzdem bei mittlerer Zimmertemperatur (+ 20 Grad) nur bis zur Hälfte ihrer Sättigung mit Dampf gefchwängert fein, fo darf fie während des Wafchens (vergl. die Tabelle auf S. 154) höchftens die Temperatur + 9 Grad befitzen, abgefehen davon, dafs, wie früher erörtert wurde, fowohl die Menfchen, als auch die Beleuchtungsmittel den Feuchtigkeitszuftand der Luft in den gelüfteten Räumen erhöhen. Unter Berückfichtigung des letzteren Umftandes dürfte es erwünfcht fein, die Luft bei etwa 0 Grad zu wafchen oder nachträglich auf 0 Grad abzukühlen, um das Uebermafs an Wafferdampf auszufcheiden. Während eines Teiles des Winters wird man wenigftens die Temperatur von 9 Grad, vielleicht eine noch niedrigere, regelmäfsig erreichen können; während des Sommers dürfte eine folche niedrige Temperatur nur durch

138) Siehe: Polyt. Journ., Bd. 331, S. 393.

139) Siehe: Gefundh.-Ing. 1880, S. 64 — ferner: Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1883, S. 606.

Eiskühlung oder vorherige Verdichtung, darauf folgende Kühlung und schliesslich Ausdehnung der Luft zu erreichen sein.

Aehnliche Uebelstände werden durch nasse Filter herbeigeführt und auch in geringerem Grade durch die eigentlichen Befeuchtungseinrichtungen, wenn sie, in Hinsicht auf das Entstauben der Luft, zu weitergehender Anfeuchtung, als dem eigentlichen Bedürfnis entspricht, benutzt werden.

Als zweiter Nachteil der »Wascher« genannten Einrichtungen ist deren erheblicher Widerstand, den sie dem Hindurchströmen der Luft entgegensetzen, zu nennen. Dieser dürfte selten unter 30 mm Wassersäule oder 30 kg auf 1 qm betragen. Nur Gebläse sind im stande, neben den sonstigen Widerständen — die selten zusammengenommen mehr als 10 kg betragen — den entstehenden Gesamtwiderstand zu überwinden.

Fig. 76.

Die Anwendbarkeit der Wascher dürfte sich daher auf wenige Fälle beschränken.

204. Luftfilter.

Aus lose gesponnenem Garn gewebte Filter erfreuen sich grösseren Beifalles. Ihre Wirksamkeit ist umso grösser, je kleiner ihre Oeffnungen sind; ihr Widerstand gegen das Hindurchströmen wächst aber in erheblichem Masse mit der Kleinheit der genannten Oeffnungen, so dass man sehr bald die Grenze für die zulässige Dichtheit des Gewebes erreicht. Die Filter verlangen eine sehr grosse Fläche, teils wegen des anderenfalls eintretenden grossen Widerstandes, teils um zu verhüten, dass die Staubteilchen gewaltsam durch sie hindurchgedrückt werden. Man gewinnt grosse Flächen, indem man z. B. das betreffende Gewebe in Zickzackform über Stäbe legt, wie in Fig. 76 angedeutet ist, oder indem man das ebene Filter geneigt gegen die Achse des ausserdem an dieser Stelle erweiterten Kanals anordnet.

Fig. 77.

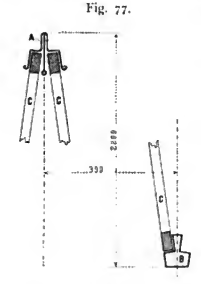


Fig. 77 zeigt eine Ausführungsweise des zickzackförmigen Filters, welche das Reinigen der Filter leicht macht.

A und *B* sind aus verzinktem Eisenblech angefertigte Ständer. In ihre Falze sind die hölzernen Filterrahmen *C* gesetzt, welche zunächst mit weitmaschigem Drahtgewebe und dann mit ziemlich dichtem Baumwoll- oder Wollgewebe überzogen sind. Man beschafft zwei Sätze der Filter, um die schmutzig gewordenen in kürzester Zeit durch gereinigte ersetzen zu können.

Fig. 78 ist ein lotrechter Schnitt eines geneigt im Kanal angebrachten Filters. *AB* und *CD* bezeichnen die obere und die untere Kanalwand, *CB* den mit Gewebe bezogenen Filterrahmen. Der letztere kann um zwei in der Höhe *E* liegende Zapfen gekippt werden, um das Hindurchschlüpfen des den Kanal und das Filter reinigenden Menschen zu gestatten; *CE* ist länger als *EB*, weshalb das Filter selbsttätig in seine richtige Lage zurückfällt, sobald es nicht mehr in der gekippten Lage festgehalten wird.

Fig. 78.

Möller faltet die Filterflächen viel schärfer, als Fig. 76 angibt, oder reiht keilförmige, leicht auszuwechselnde Beutel aneinander.

Fig. 79 ist ein lotrechter, Fig. 80 ein wagrechter Schnitt eines *Möller*'schen Filters. Die unreine Luft sinkt durch einen eisernen Rost nach unten, bewegt sich nach links, ein Drahtgitter durchfliessend (welches Mäuse und dergl. zurückhält), und steigt dann zwischen den einzelnen Falten empor. Nach Angabe sollen die Abmessungen der Filterrahmen betragen:

für eine Filterfläche von	5	10	20	30	40	50	60	70	80 qm
Länge und Breite des Filterrahmens	0,6	0,8	1,1	1,3	1,5	1,7	1,9	2,0	2,1 m.

In anderer Anordnung findet man das Filter in der untenverzeichneten Quelle[140]) beschrieben.

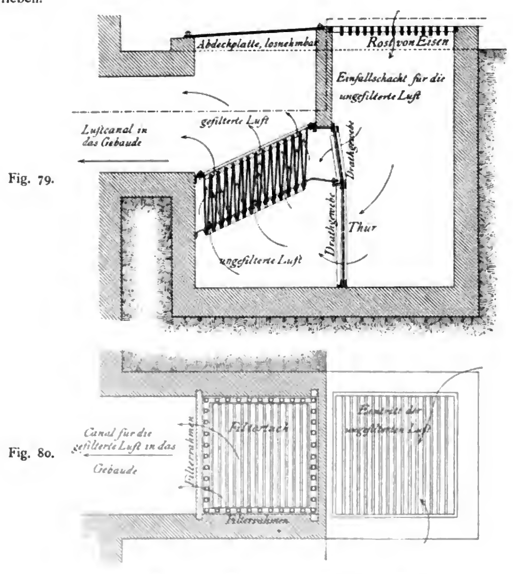


Fig. 79.

Fig. 80.

Filter von *Möller* in Brackwede bei Bielefeld.

Eine Gruppe von Filtern benutzt die bekannte Erfcheinung, dafs die an Flächen entlangftreichende Luft an diefen Flächen Staub ablagert.

Es werden z. B. aus Wolle lofe gewebte Bänder nach Fig. 81 fo nebeneinander angefpannt, dafs ihr Querfchnitt eine gebrochene Linie bildet. Sobald die Bänder befchmutzt find, werden fie gewafchen. Um die Mühe des Reinigens zu fparen, verwendet man zwifchen zwei Drahtgewebe gelegte Holzwolle, welche, nachdem fie einige Zeit gedient hat, verbrannt wird. Auch Baumwolle wird in gleicher Weife zwifchen zwei Drahtgewebe gelegt.



Fig. 81.

Die Luftfilter gewerblicher Anlagen[141]), welche regelmäfsig aus Geweben beftehen, werden häufig fo eingerichtet, dafs zeitweife ftaubfreie Luft in umgekehrter Richtung ftrömen kann, fo

[140]) Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1887, S. 567.

[141]) Siehe: Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1887, S. 566 — fowie die Quellenangaben über Staubfilter dafelbft.

dafs fie die Staubteilchen abwirft. Man läfst die Reinigung der Filter felbfttätig und fchrittweife vornehmen, fo dafs der Betrieb nicht unterbrochen zu werden braucht. Steht eine Betriebskraft zu Verfügung, fo dürften ähnliche Einrichtungen auch für die gewöhnlichen Lüftungszwecke fich empfehlen.

205. Gröfse der Filter.

Ueber die erforderliche Gröfse der Filter liegt das folgende vor.

Nach Verfuchen von *Rietfchel* [142]) wächft der Widerftand w (in Millim. Wafferfaule), den die Luft im Filter findet, etwa im geraden Verhältnis zur Luftmenge $\mathfrak{L}$ (in Kilogr.) welche ftündlich 1 qm Fläche durchfliefst, fo dafs

$$w = \alpha \mathfrak{L} \quad \ldots \ldots \ldots \quad 61.$$

gefetzt werden kann; α fchwankt zwifchen den Grenzen $0{,}_{006}$ und $0{,}_{050}$, und zwar gilt der kleinere Wert für lofe leinwandbindige Gewebe, z. B. Neffel, der gröfsere für dichten, zweibindigen Köper, welcher auf einer Seite gerauht und fchon in einigem Grade verftaubt ift. Filtertücher, welche noch dichter find als das zuletzt angezogene, bringen einen gröfseren Widerftand hervor.

Auf die zu erzielende Reinheit ift nun — aufser der Natur des Filters — die Gefchwindigkeit, mit welcher das Filter durchftrömt wird, von grofsem Einflufs. Einerfeits entwickelt fich unter fonft gleichen Umftänden die Staubablagerung umfo rafcher, je mehr Luft in der Zeiteinheit zur Bearbeitung gelangt; hierdurch wird das Filter dichter, die erzielte Reinheit vollkommener [143]); die Durchläffigkeit nimmt natürlich erheblich ab, und der zum Hindurchtreiben der Luftmenge erforderliche Druck wird gefteigert, was zur Folge hat, dafs die Staubteilchen, welche bei geringerem Druck vom Filter zurückgehalten wurden, gewaltfam durch die Mafchen des Filters getrieben werden.

Man pflegt daher für leichte, bezw. offene Filter, die beftimmt find, nur die gröbften Staubteile zurückzuhalten, höchftens 250 kg auf 1 qm Filterfläche und 1 Stunde zu rechnen, für dichtere Filter (gerauhten Köper, dünne Wattenlagen u. f. w.) aber höchftens 100 kg, oft aber herab bis zu 20 kg anzunehmen.

d) Verfahren des Zuführens frifcher und des Abführens verunreinigter Luft.

206. Zug.

Bewegte Luft bewirkt einen lebhafteren Wärmeaustaufch an der Oberfläche des Körpers als ruhende, aus Gründen, welche in Art. 153 (S. 124) näher erörtert wurden. Diefer Wärmeaustaufch ift befonders fühlbar an den unbekleideten Körperteilen und unter diefen an denjenigen Teilen, welche zeitweife bekleidet find. Das dem erwähnten Wärmeaustaufch entfprechende Gefühl wird gemeiniglich »Zug« genannt. Man denkt vielleicht, dafs das Aufftofsen der Luftteilchen diefes Gefühl erzeuge, irrt fich aber hierin, da hierdurch an fich keine unangenehme Empfindung entfteht.

Da die Entwärmung des Körpers teils durch Abgabe der Wärme an die Luft, teils durch Verdunftung erfolgt, fo fpielt die Verdunftungsfähigkeit der Körperoberfläche fowohl, als der Feuchtigkeitsgrad der fie treffenden Luft eine nicht geringe Rolle in Bezug auf die Entfchiedenheit der Empfindung, welche wir »Zug« zu nennen pflegen. Eine durch Schweifs oder auf andere Weife genetzte Hautfläche oder ein mit naffen Kleidern bedeckter Körperteil empfindet die durch Luftbewe-

[142]) Siehe: Gefundh.-Ing. 1889, S. 205.

[143]) Siehe: KARMARSCH, K. Handbuch der mechanifchen Technologie. 6. Aufl. von H. FISCHER. Bd. I. Leipzig 1888. S. 524.

gung entftehende Kühlung in weit unangenehmerer Weife als eine trockene Haut oder ein in trockenen Kleidungsftücken fteckender Körperteil. Ebenfo bewirkt trockene Luft eine ftärkere Kühlung als Luft mit höherem Feuchtigkeitsgehalt; tritt aber trockene Luft mit genetzten Hautteilen in Berührung, und zwar unter lebhafter Bewegung, fo dafs die Wafferdämpfe nicht allein durch Ergiefsung, fondern auch durch Spülung von der betreffenden Hautfläche entfernt werden, ift endlich die Luft verhältnismäfsig kühl; fo findet eine fo erhebliche einfeitige Abkühlung ftatt, dafs auch weniger empfindliche Menfchen den Zug als unerträglich bezeichnen. Die Empfindlichkeit der Hautoberfläche ift eine fehr verfchiedene bei einer und derfelben Perfon, mehr noch bei verfchiedenen Perfonen; daher ift nicht allgemein die Grenze feftzuftellen, bis zu welcher die befprochene einfeitige Kühlung ftattfinden darf, ohne zu beläftigen. Die Frage des »Zuges« ift fonach eine der dunkelften auf dem Gebiete der Lüftung. Sie wird erft geklärt werden können, wenn geeignete Verfuchsperfonen in verfchiedenartigfter Weife dem »Zuge« ausgefetzt worden find und die Ergebniffe der hierbei gemachten Beobachtungen in Zahlen vorliegen.

207.
Zuläffige Luftbewegung.

Man vermag jedoch auf Grund der bisher vorliegenden Kenntnis der der Zugwirkung zu Grunde liegenden Vorgänge einige allgemeine Gefichtspunkte aufzuftellen.

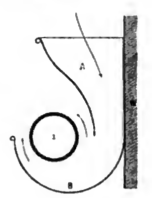
Zunächft kann die Frage infofern vereinfacht werden, als benetzte Hautoberflächen und naffe Kleider nicht beachtet zu werden brauchen, indem fie innerhalb gefchloffener Räume felten vorkommen und daher, wenn fie vorkommen, befonderer Schutz angewendet werden kann.

Dann ift zu beachten, dafs von unbedeckten Körperoberflächen nur der Kopf und Hals, allenfalls auch die Schultern zu berückfichtigen find, weil die Hände im allgemeinen genügend an Temperaturwechfel gewöhnt find. Befonders ift daher Sorge zu tragen, dafs das oberfte Fünftel des menfchlichen Körpers der Einwirkung ftark bewegter kalter und trockener Luft nicht ausgefetzt werde.

Die bekleideten Körperteile laffen den Zug empfinden, wenn die Gefchwindigkeit der Luft grofs genug ift, um gröfsere Luftmengen durch die Poren der Kleider zu treiben. Die Temperatur der Luft macht fich hierbei geltend, fobald fie niedrig ift; der Feuchtigkeitsgrad ift von geringem Einflufs. Je dichter die Kleidungsftücke find, umfoweniger vermag man den Zug zu merken, wenngleich die betreffende Empfindung felbft bei ledernen Kleidungsftücken fich geltend macht, fofern Luftgefchwindigkeit und -Temperatur entfprechende find, insbefondere auch Verdunftung ftattfindet.

Der Zug ift auch in Räumen zu empfinden, welche ohne Lüftungseinrichtungen find.

Fig. 82.



Man öffne (im Winter) die Tür zwifchen einem gut geheizten und einem kalten Zimmer und ftelle oder fetze fich einige Zeit vor die Türöffnung, fo wird man fehr bald, je nach der Empfindlichkeit mehr oder weniger, von den Luftftrömen berührt werden, welche zwifchen den Zimmern einen Temperaturausgleich anftreben. Man begebe fich (namentlich bei grofser Kälte) in eine geheizte Kirche, und zwar in unmittelbare Nähe der Fenfter, fo wird man fich von einem kalten Luftftrom übergoffen fühlen. Auch die Wände anderer hoher Räume, welche nur felten geheizt werden, fo dafs fie durch das Heizen nicht nennenswert erwärmt werden, bringen derartige kalte Luftftröme hervor.

Solche Luftſtrömungen veranlaſſen das Anbringen beſonderer Vorrichtungen, welche die Geſchwindigkeit der Luft zu brechen beſtimmt ſind. Zweckmäſsiger iſt, die kalten Luftſtröme ſo gegen Heizflächen zu führen, daſs ſie in kaltem Zuſtande nicht auf Menſchen treffen können. Fig. 82 iſt der Schnitt einer derartigen Einrichtung. *W* bezeichnet die hohe Wand (z. B. eine freiliegende Bühnenwand); an ihr iſt ein Schirm *AB* angebracht, welcher die nach unten ſtrömende kalte Luft gegen das Heizrohr *i* lenkt.

Fig. 83.

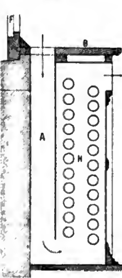


Fig. 83 ſtellt eine Anordnung dar, welche beſtimmt iſt, den von einem hohen Fenſter *F* abfallenden kalten Luftſtrom gegen die Heizflächen *H* zu führen. *B* bezeichnet die Fenſterbank und *A* einen zum Hinabführen der Luft dienenden flachen Schacht.

Die Ströme der an Decken und hohen Wänden abgekühlten Luft laſſen ſich auch dadurch von den Menſchen fernhalten, daſs man in den höhergelegenen Schichten eine höhere Temperatur unterhält als in den tieferen. Nicht ſelten iſt dieſes Mittel allein für das Vermeiden beläſtigenden Zuges ausreichend [144]). Iſt ein hoher Raum, z. B. der Zuſchauerraum eines Theaters oder eine Kirche, in verſchiedenen Höhen mit dem Treppenhauſe verbunden, ſo können ſtark beläſtigende Luftſtrömungen durch ungleiche Erwärmung dieſes Raumes gegenüber dem Treppenhauſe hervorgerufen werden. Windfänge ſind nur unvollkommene Mittel gegen dieſe Zugerſcheinungen. Letztere ſind wirkſam bloſs zu bekämpfen durch Unterhalten etwa gleicher Temperaturen in gleicher Höhe.

Bis zur Erlangung genauer Kenntnis der zuläſſigen Luftſtrömung wird man ſich mit der allgemeinen Regel begnügen müſſen: Je weiter die Temperatur der bewegten Luft unter derjenigen des Blutes iſt, umſo geringer muſs die Luftgeſchwindigkeit ſein. An mir ſelbſt gemachten Beobachtungen zufolge iſt eine Luftgeſchwindigkeit von $0{,}40$ m zuläſſig, ſolange die Temperatur der bewegten Luft von derjenigen des Zimmers nur wenig abweicht; ich bemerke jedoch hierzu ſofort, daſs ich ſelbſt unter Männern empfindlichere Naturen gefunden habe.

1) Zufällige Lüftung.

208.
Durchläſſigkeit der Wände

Die zufällige Lüftung wird auch *ſpontane* Lüftung geheiſsen, bisweilen auch mit dem wenig zutreffenden und auch noch für andere Lüftungsverfahren gebräuchlichen Namen »natürliche« Lüftung bezeichnet.

Die Stoffe [145]), aus denen unſere Gebäude hergeſtellt werden, ſind meiſtens mit kleinen Hohlräumen durchzogen, welche teilweiſe ſo im Zuſammenhange ſtehen, daſs ſie fortlaufende, an den Auſsenflächen mündende, allerdings unregelmäſsig geſtaltete, enge Kanäle bilden. Dieſe Kanäle vermögen, ſoweit ſie quer durch die Wände hindurchgehen, einen Luftaustauſch zu vermitteln, indem die Luft durch ſie hindurchflieſst, wenn eine bewegende Kraft vorhanden iſt. Ebenſo ſind die Undichtheiten der Fenſter, Türen u. ſ. w. zur Beförderung des Luftwechſels geeignet.

---

[144]) Vergl.: Fortſchritte auf dem Gebiete der Architektur. Nr. 5: Heizung und Lüftung groſser Verſammlungsräume. Darmſtadt 1894 — ferner: Beheizung hoher Räume. Zeitſchr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1895, S. 517.

[145]) Vergl. Teil I, Bd. 1, erſte Hälfte dieſes »Handbuches«: Die Technik der wichtigeren Bauſtoffe.

209. Spannungsunterſchied.

Die immer erforderliche Kraft kann beſtehen in dem Beſtreben, die Spannung auszugleichen, ſobald das Miſchungsverhältnis der Luft an der einen Seite der Wand ein anderes iſt als an der entgegengeſetzten Seite. Bevor jedoch eine Verſchiedenheit der Luft im Inneren eines Zimmers gegenüber der freien Luft ſo erheblich wird, daſs durch ſie eine nennenswerte Wirkung hervorgebracht zu werden vermag, iſt die Luft nicht mehr zu atmen.

210. Temperaturunterſchied.

Beſſer wirkt die bewegende Kraft, welche vom Temperaturunterſchied der freien und der eingeſchloſſenen Luft herrührt. Die wärmere, leichtere Zimmerluft wird durch die kältere, ſchwerere Auſsenluft aufwärts getrieben. Der untere Teil der Wand läſst die kalte, friſche Luft eintreten, während die Poren des Wandoberteiles der wärmeren Luft des Zimmers den Austritt gewähren.

Fig. 84.

Fig. 85.

Die wirkſamen Kräfte, die Auftriebe, ſtehen in geradem Verhältnis zu den lotrechten Abſtänden h (Fig. 84) der Poren; man kann ſie, und damit auch die ein- und ausſtrömenden Luftmengen demnach in der Weiſe darſtellen, wie in Fig. 84 geſchehen iſt. Bei gleichförmiger Wand iſt der Durchfluſs in halber Höhe, bei m, gleich Null. Kann die warme Luft auch durch die Decke abſtrömen (Fig. 85), ſo rückt der Punkt m weiter nach oben.

Gröſsere Temperaturunterſchiede können in dieſer Weiſe recht günſtig wirken; mit der Abnahme des Temperaturunterſchiedes ſchwindet jedoch auch die bewegende Kraft, alſo auch der Luftwechſel.

211. Wind.

Am entſchiedenſten wirkt der Wind. Starker Wind kann 50 kg und mehr Druck auf 1 qm Wandfläche ausüben, ſo daſs in den erwähnten Kanälchen eine lebhafte Strömung entſteht, trotz der vielen Bewegungshinderniſſe, welche die Wandungen der Kanälchen bieten. Das Einſtrömen der Luft bringt einen Ueberdruck im Zimmer gegenüber einem angrenzenden, von der Windrichtung abliegenden Raume hervor, ſo daſs die Kanälchen der Scheidewand ebenfalls benutzt werden, und zwar zum Abſtrömen eines Teiles der im erſten Zimmer befindlichen Luft. Dadurch wird zwar der Ueberdruck in zwei Teile zerlegt; trotzdem iſt der Luftwechſel, ſolange die Windgeſchwindigkeit groſs iſt, beträchtlich, wenn ſonſt die Umſtände günſtig ſind.

Zu der Wirkſamkeit dieſes Luftwechſels iſt nun zunächſt erforderlich, daſs überhaupt lebhafter Wind weht; ferner, daſs die Auſsenwand des zu lüftenden Zimmers vom Winde getroffen wird; endlich, daſs die Kanälchen in der erforderlichen Zahl und Gröſse vorhanden ſind.

Zunächſt darf ich hier einſchalten, daſs in ſeltenen Fällen dieſe drei Bedingungen gleichzeitig erfüllt ſind, ſo daſs die Lüftung nur hin und wieder ſtattfindet; ferner, daſs jedes Mittel fehlt, die Lüftungsmenge zu regeln, welche ſonach, unbekümmert um den Bedarf, ſich lediglich nach der veränderlichen Stärke und Richtung des Windes richtet. Die durch Wind hervorgebrachte Lüftung hat ſomit

einen geringen Wert; fie kann fogar eine fonft vorhandene künftliche Lüftung in erheblichem Mafse beeinträchtigen und macht — wenn man ihr nicht genügend Rechnung getragen hat — oft fogar die Heizung von Räumen unmöglich.

Aus letzterem Grunde mufs ich hier noch einige Worte über die Luftdurchläffigkeit der Wände anfügen. Ueber die Durchläffigkeit einer Zahl von Bauftoffen liegen Verfuchsergebniffe vor[146]), welche indeffen nicht derart find, dafs Rechnungen auf fie geftützt werden könnten, indem die Durchläffigkeit der einzelnen Stoffe zu verfchiedenartig ift.

Jedoch läfst fich aus den Verfuchsergebniffen erfehen, dafs die Durchläffigkeit im geraden Verhältnis zur Wanddicke abnimmt, und dafs die Durchläffigkeit der einzelnen Stoffe etwa folgende Reihe[147]) bildet, wobei die durchläffigften zuerft angeführt find:

Kalktuffftein, künftlicher Stein aus zerkleinerten Schlacken und Mörtel, Fichtenholz in der Längenrichtung, Kalkmörtel, Beton, Backftein, Portlandzement, unglafierter Klinker, Grünfandftein, gegoffener Gips, Eichenholz; glafierter Klinker ift undurchläffig.

Von den gebräuchlichen Bekleidungsmitteln hindert Kalkanftrich den Luftdurchgang am wenigften; Oelfarbeanftrich fperrt die Luftwege zunächft nahezu ganz ab, wird aber mit zunehmendem Alter etwas durchläffig; Wafferglasanftrich foll bei einigem Alter undurchläffig fein. Tapeten hindern das Durchftrömen wefentlich durch den Kleifter, welcher fie fefthält. Sog. Ifolierungen (Afphaltanftriche, Afphaltpapier, Metallblätter u. f. w.) hindern natürlich die Luft erheblich an ihrem Austritt, bezw. verfchliefsen ihr jeden Weg. Durchnäfste Stoffe find gleichfalls mehr oder weniger undurchläffig.

Fig. 86.



212
Zufällige Lüftung.

Wenn hierdurch noch mehr Gründe gegen ein Vertrauen auf zufällige Lüftung gefchaffen find, fo gibt diefe Zufammenftellung vor allen Dingen Winke betreffs der Mittel, welche die ftörenden Einwirkungen der zufälligen Lüftung unfchädlich machen. — Die zufällige Lüftung ift fonach ausnahmslos unzuverläffig.

Sie ift aber in manchen Fällen von ernfter Bedeutung für die Zugerfcheinungen, insbefondere bei hohen Räumen[148]).

Wenn ein Raum von h Meter Höhe (Fig. 86) nur an feinem tiefften Punkte mit dem Freien verbunden ift, fo herrfcht (fiehe Art. 227, S. 185) an der Decke der Ueberdruck:

$$p = 0{,}004\,(t_2 - t_1)\,h\,.$$

Sobald man nun auch in Höhe der Decke eine Oeffnung freilegt, fo wird infolge diefes Ueberdruckes oben Luft abftrömen und unten folche einftrömen. Diejenigen Bauftoffe, welche für die zufällige Lüftung günftig find, bieten folche Oeffnungen fowohl unten wie oben, geftatten alfo unten den Eintritt unerwärmter Luft, welche den im Raum befind-

[146]) Die Porofität der Mauern und ihre Bedeutung für die Ventilation. Baugwks.-Ztg. 1870, S. 254.

Märcker. Unterfuchungen über natürliche und künftliche Ventilation, vorzüglich in Stallgebäuden, fowie über die Porofität einiger Baumaterialien. Göttingen 1871.

Schürmann. Jahresbericht der chemifchen Centralftelle für öffentliche Gefundheitspflege. 1874.

Lang, C. Ueber die Porofität einiger Baumaterialien. Zeitfchr. f. Biologie 1875, S. 313.

Haussoullier, Ch. *De la perméabilité des sols et des murs considérée au point de vue de l'hygiène et de la ventilation. Gaz. des arch. et du bât.* 1875, S. 92, 100.

Schulze & Märcker. Ueber den Kohlenfäuregehalt der Stall-Luft und den Luftwechfel in Stallungen. Landwirthfchaftl. Jahrbücher 1876.

Lang, C. Ueber natürliche Ventilation und Porofität von Baumaterialien. Stuttgart 1877.

Baltes & Finkler. Ueber die Behinderung der Mauerventilation durch Oelanftrich des Haufes. Deutfche milit.-ärztl. Zeitfchr. 1877. S. 51.

Oertmann. Ueber die Gröfse der Mauerventilation bei Oelanftrich des Haufes. Deutfche milit.-ärztl. Zeitfchr. 1877, S. 557.

Weiss. Ueber natürliche Ventilation und die Porofität von Baumaterialien. Civiling. 1878, S. 205.

The permeability of walls as affecting ventilation. Builder, Bd. 44, S. 66.

[147]) Vergl. auch die Angaben über die Porofitätsgrade der Bauteine in Teil I, Bd. 1, erfte Hälfte diefes »Handbuches«.

[148]) Siehe: Fischer, H. Die Beheizung hoher Räume. *Zeitfchr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover* 1895, S. 517.

lichen Menfchen fehr läftig werden kann. Wird aber eine unmittelbar über dem Fufsboden befindliche Tür geöffnet, fo tritt die kalte Luft mit ziemlicher Lebhaftigkeit ein.

Es fei $h = 10^{m}$, $t_2 = + 20$ Grad und $t_1 = - 20$ Grad. Alsdann erhält man für $p = 0{,}004\,(20 + 20)\,10 = 1{,}6^{kg}$ für 1^{qmm}. Wird diefer Auftrieb als zur Hälfte für die Tür, zur anderen Hälfte für die oberen Oeffnungen verwendet angenommen, fo ergibt fich für den Eintritt eine fekundliche Luftgefchwindigkeit von 5^{m}. Aber felbft wenn in den oberen Oeffnungen ein viel gröfserer Teil des Auftriebes verbraucht wird, fo bleibt die Gefchwindigkeit der eintretenden Luft noch fehr grofs.

Man verwendet zur Vermeidung des Zuges an den Türen doppelte Türen, fog. »Windfänge«, erreicht hiermit aber nur dann etwas, wenn die beiden Türen nie gleichzeitig offen find; man legt in die Nähe der Türen Heizkörper, welche die eintretende Luft erwärmen follen, erreicht indes damit nicht den Zweck, fchafft aber andere Unannehmlichkeiten. Die einzige Möglichkeit, diefem durch Auftrieb entftehenden Zuge wirkfam entgegenzutreten, befteht darin, dafs man durch irgend ein Mittel fo viel Luft in den Raum treibt, als oben abfliefst, und zwar mit folcher Kraft, dafs in der Nähe der Tur innen und aufsen gleiche Drücke herrfchen. Ich habe diefe Tatfache — meines Wiffens zuerft — 1894 gelegentlich des Wettbewerbes um die Heizungsanlage des Berliner Domes feftgeftellt.

2) Künftliche Lüftung.

213. Kunftliche Lüftung.

Unter diefem Namen faffe ich alle diejenigen Lüftungsverfahren zufammen, bei welchen wenigftens eine gewiffe, von Zufälligkeiten unabhängige Regelbarkeit möglich ift. Man nennt fie auch wohl **abfichtliche** Lüftungen; ich vermag mich jedoch diefer Benennungsweife nicht anzufchliefsen, da eine gewiffe Abfichtlichkeit auch der zufälligen Lüftung unterzuliegen pflegt.

214. Freilegen von Luftöffnungen.

Die einfachfte Art des künftlichen Lüftens befteht im Freilegen von Oeffnungen, durch welche Luft des Freien in den zu lüftenden Raum ein-, bezw. von diefem in das Freie auszuftrömen vermag. Als die Luftbewegung veranlaffende Kräfte find wieder der Wind und der durch Temperaturunterfchied veranlafste Auftrieb zu nennen. Fehlt fowohl das eine als auch das andere, fo hört die Wirkfamkeit der Lüftung auf; ift die eine oder die andere der Kräfte vorhanden, oder treten beide gleichzeitig auf, fo dienen die »kunftlichen« Einrichtungen zum Abfchwächen der Wirkung, bezw. zum Unterbrechen der Lüftung.

215. Benutzung der Fenfter.

Sehr häufig fehlt zu diefem Zwecke jede befondere Einrichtung; man öffnet alsdann nach Bedarf die Fenfter des betreffenden Raumes. Solche Fenfter, welche nicht in gewöhnlicher Weife mit Flügeln verfehen find, rüftet man mit fog. Luftfcheiben aus, d. h. mit kleinen Flügeln, welche meiftens nur die Gröfse einer Fenfterfcheibe haben. Diefe Regelung des Luftwechfels ift eine rohe, indem man meiftens die Fenfterflügel entweder vollftändig öffnen oder fchliefsen mufs; auch ift diefes Luftungsverfahren bei Regenwetter meiftens deshalb unbenutzbar, weil durch die Fenfteröffnungen der Regen einzufallen vermag.

Man verhütet diefe Uebelftände, indem man den oberen Teil des Fenfters um eine in feiner Mitte liegende wagrechte Achfe drehbar anordnet und eine feftftellbare Zugftange mit ihm fo in Verbindung bringt, dafs man dem Fenfterteile fehr verfchiedene Lagen geben kann. Solange das Fenfter genügend weit hinter die Aufsenflache des Gebaudes zuruckfpringt, ift die obere der beiden, durch Drehen

des Fenfterteiles entftehenden Oeffnungen gegen das Eindringen der Regentropfen gefchützt, während die untere Oeffnung von der nach aufsen gekehrten Hälfte des Fenfterteiles überragt wird. Auch dreht man ähnliche Fenfterteile um Achfen, die an dem einen oder anderen der wagrechten Ränder fich befinden u. f. w. (Vergl. auch das in Teil III, Band 3, Heft 1 diefes »Handbuches« über »Konftruktion der Fenfter« Gefagte.)

Derfelbe Gedanke hat die fog. Jaloufien entftehen laffen, welche aus zahlreichen fchmalen, um wagrechte Achfen drehbaren und feftftellbaren, aus Holz, Blech oder Glas angefertigten Platten beftehen, die fich nach Art fonftiger Jaloufieanordnungen übereinander legen, fobald ihre Oeffnungen gefchloffen find. Die gläfernen Jaloufien find wegen ihres guten Ausfehens am beliebteften und nehmen meiftens den Raum einer Fenfterfcheibe ein.

Aufser derartigen Glasjaloufien find noch anderweitige Vorkehrungen in den Fenftern oder in unmittelbarer Verbindung mit diefen angewendet worden. Betreffs der Bauart folcher Anordnungen, die naturgemäfs nur eine geringe Wirkfamkeit entfalten können, fei auf die untenftehenden Quellen verwiefen [149]).

216. Befondere Luftöffnungen.

In höherem Mafse verdienen diejenigen Lüftungseinrichtungen den Namen »künftliche«, welche mit befonders geftalteten Luftzu- und Luftabfuhrwegen, fowie eigens für ihren Zweck eingerichteten Mündungen diefer Wege im zu lüftenden Raume verfehen find, fo dafs fie mehr als die vorhin befprochenen Einrichtungen von Zufälligkeiten unabhängig machen.

Von befonderer Bedeutung ift zunächft die Art der Luft-Ein- und -Abfuhrung, fowie die Lage und Geftalt der Mündungen [150]). Der Ueberfichtlichkeit halber mögen die verfchiedenen Aufgaben der Lüftungsanlagen einzeln behandelt werden.

217. Einführen warmer Luft.

α) Die einzuführende Zuluft foll wärmer fein als die Luft des Raumes. In diefem Falle ift die Löfung der Aufgabe eine leichte. Man wird die Einführungsöffnungen fo hoch legen, dafs die hereinftrömende Luft nicht gegen die Körper der in dem betreffenden Raume fich aufhaltenden Perfonen ftofsen kann. Die warme Luft fteigt, ihres geringeren Gewichtes halber, nach oben, verbreitet fich unter der Decke und finkt von dort in dem Mafse nieder, wie unten die Zimmerluft abgeführt wird und fernere warme Luft zuftrömt. Die wagrechten Strömungen der eingeführten Luft finden fonach in dem Raume über den Köpfen der Menfchen ftatt, können alfo nicht ftören. Von dort ab finkt die Luft, den ganzen Raum ausfüllend, langfam zu Boden. Mehr Aufmerkfamkeit erheifcht die Lage und Anordnung der Abftrömungs- oder Abluftöffnungen. Dafs fie möglichft nahe über dem Fufsboden liegen müffen, ift felbftverftändlich, indem fie die kältefte, alfo die auf dem Fufsboden liegende Luft abführen follen. Es mufs aber auch dafür geforgt werden, dafs die am Boden liegende Luft zu den Abluftöffnungen ge-

[149]) KNOBLAUCH, E. Conftruction gläferner Jaloufie-Fenfter. ROMBERG's Zeitfchr. f. prakt. Bauk. 1858, S. 111.
Jaloufie-Fenfter aus Glas. Zeitfchr. f. Bauw. 1866, S. 403.
Glas-Jaloufien. Deutfche Bauz 1868, S. 270.
SANDER's Ventilationseinrichtung für Zimmer. Polyt. Centralbl. 1871, S. 70. Polyt. Journ., Bd. 199, S. 248.
FLAVITSKY, J. *Notice fur un procédé de chauffage et de ventilation par les doubles fenêtres.* Paris 1876.
Glas-Jaloufien als Ventilationsfenfter. HAARMANN's Zeitfchr. f. Bauhdw. 1872, S. 13.
FRIESE, F. M. Ventilationsfenfter von A. P. DE RIGEL. Zeitfchr. d. öft. Ing.- u. Arch.-Ver. 1866, S. 114.
BELLEROCHE. *Sur un fyftème de chauffage et de ventilation à l'aide de doubles fenêtres. Annales du génie civil* 1876, S. 460.
Window ventilation. Building news, Bd. 32, S. 103.
Neue Glas-Jaloufie. Deutfche Bauz. 1880, S. 188.

[150]) Vergl. auch: Heizung, Lüftung und Beleuchtung der Theater- und Verfammlungsfäle. *Comptes-rendus et mémoires* des 8. internationalen Kongreffes für Hygiene und Demographie von 1894. Bd. IV, S. 594. Budapeft 1896.

langen kann, ohne die Menfchen zu beläftigen. Hier fchon würde die Beantwortung der Frage von hohem Wert fein, welche Luftgefchwindigkeit angewendet werden darf, ohne das Gefühl des Zuges an den Füfsen und Beinen der Menfchen hervorzurufen. Solange es fich um eine geringere Menfchenzahl, alfo um eine kleine Lüftungsmenge handelt, fo genügt eine Oeffnung, welche in einiger Entfernung von der zunächft befindlichen Perfon angebracht wird, und eine derartige Anordnung der etwaigen Tifche und Bänke, dafs von allen Stellen des Fufsbodens die kältere Luft der Abluftöffnung zuzuftrömen vermag. Bei ftarkem Luftwechfel müffen dagegen die Abluftöffnungen verteilt werden, um eine zu grofse Gefchwindigkeit in der Nähe der Perfonen zu verhüten.

218. Einführen kalter Luft von unten.

β) Die einzuführende Luft foll kälter fein als die Luft des zu lüftenden Raumes. Die Zuluft ift in diefem Falle fchwerer als die Abluft. Demnach erfcheint es zunächft richtig, die erftere unten einzuführen, die letztere aber in der Nähe der Decke abzuleiten, indem alsdann die Luftteile ihrer Temperatur entfprechend in den Gefamtftrom felbfttätig fich einreihen.

Viele Lüftungsanlagen, welche (aufser ihrem eigentlichen Zweck) auch die Aufgabe haben, die betreffenden Räume zu kühlen, find dementfprechend eingerichtet. Jedoch verbietet fich in den meiften Fällen die Einführung der frifchen Zuluft von den Wandflächen aus, indem die nötige Luftgefchwindigkeit in Verbindung mit der niedrigen Temperatur fehr leicht eine unangenehme Zugempfindung hervorruft. Man hat für gröfsere Räume den Fufsboden aus durchbrochenen Eifenplatten gebildet und diefe mit doppelten Teppichen bedeckt[151], fo dafs die Luft in unzählige, fehr dünne Strahlen zerlegt in das Zimmer gelangte, der aufwärts gerichtete Strom in diefem deshalb von vornherein den ganzen Querfchnitt des Raumes, abzüglich des von Menfchen und Möbeln beanfpruchten, ausfüllte und damit die Gefchwindigkeit der Luft auf das denkbar geringfte Mafs befchränkt wurde. Diefes Zuführungsverfahren wurde zunächft von *Reid* im Haufe des englifchen Parlaments ausgeführt und hat ferner in Theatern des Feftlandes vielfache Anwendung erfahren. Es hat fich jedoch nicht allgemein einzuführen vermocht, da trotz der genannten, weitgehenden Zerlegung des Luftftromes die Zugempfindung an Füfsen und Beinen fich in unangenehmer Weife geltend macht und aufserdem das Aufwirbeln des Staubes unvermeidlich ift.

Wenigftens von der Staubbeläftigung frei ift die zunächft von *Böhm* im Opernhaus zu Wien ausgeführte Anordnung der Luftzutritts- oder Zuluftöffnungen. Sie find unter das fefte Geftühl gelegt, fo dafs kühle Luft, fofern der Zufchauer ordnungsmäfsig fitzt, faft gar nicht beläftigt. Ich mufs aber, auf Grund eigener Erfahrung, bemerken, dafs die Zugempfindung an den Füfsen eine recht lebhafte wird, fobald man aus Bequemlichkeitsgründen diefe unter den eigenen Sitz zieht oder unter den Seffel des Vormannes fchiebt.

Die unter dem Menfchen zugeführte kühlere Luft erwärmt fich an ihm und fteigt an ihm, gemäfs der durch die allmähliche Erwärmung ftattfindenden Verdünnung, empor. Sie fucht fich ohne Beihilfe den Weg am Menfchen empor und weiter zur oben befindlichen Abluftöffnung. Man hat daher die Luftbewegung von unten nach oben die »natürliche« genannt. Allein fie bedingt, dafs der betreffende Körper fich den ganzen Temperaturunterfchied der Luft gefallen läfst[152]), alfo

151) Vergl.: Fortfchritte auf dem Gebiete der Architektur. Nr. 5: Heizung und Lüftung grofser Verfammlungsräume. Von H. FISCHER. Darmftadt 1894. S. 18.

152) Siehe: Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1884, S. 805.

einen beträchtlichen Luftwechfel, um diefen Temperaturunterfchied erträglich zu machen, wodurch wieder die Vermeidung des Zuggefühles erfchwert wird.

Soll die von den Menfchen entwickelte Wärme von der Luft aufgenommen und fortgeführt werden, fo find hierfür entweder grofse Luftmengen nötig, oder die frifche Luft mufs wefentlich kühler fein als die Abluft. Gefetzt, der erwachfene Mann liefere ftündlich 100 Wärmeeinheiten; die ftündlich zugeführte Luftmenge betrage $\mathfrak{L}$ (in Kilogr.) und erfahre eine Erwärmung um Δ Grad; alsdann ift:

$$\mathfrak{L}\,\Delta = 100,$$

und man gewinnt für:

$\mathfrak{L}$ =	30	40	50	60	70	80	Kilogr.
Δ =	13,9	10,4	8,3	7	6	5,2	Grad;

alfo, wenn die Lufttemperatur 23 Grad nicht überfchreiten foll, die Eintrittstemperatur der Zuluft

t =	9,9	12,6	14,7	16	17	17,8	Grad

betragen mufs. Man hat alfo entweder mit fehr niedrigen Zulufttemperaturen oder grofsen Luftmengen zu tun.

Der Einfuhrung kälterer Luft in den oberen Teil des zu lüftenden Raumes und der Luftabfuhr durch den, bezw. nahe über dem Fufsboden ftehen erhebliche Bedenken entgegen: die kalte Luft finkt, ungefchickt zugeführt, in Geftalt eines mehr oder weniger gefchloffenen Stromes nieder und beläftigt die Perfonen, welche er trifft, auf die unangenehmfte Weife; die an den menfchlichen Körpern erwärmte Luft ftrebt empor und veranlafst Nebenftrömungen, die fich anfcheinend jeder Verfolgung entziehen.

Was nun zunächft diefe Nebenftrömungen anbelangt, fo vermitteln fie zweifellos die Wärmeabgabe des menfchlichen Körpers an die umgebende Luft. In einem ungelüfteten Raume find fie es allein, denen es zu danken ift, dafs die Temperatur in nächfter Nähe des Menfchen von derjenigen in einiger Entfernung nicht erheblich abweicht. Diefe Nebenftrömungen find daher als Vorzug der Luftbewegung von oben nach unten anzufehen, indem fie den Unterfchied der Temperaturen der frifchen und der Abluft den menfchlichen Körper weniger fühlen laffen. Um fie in diefem Sinne nutzbar zu machen, mufs man allerdings durch gefchickte Anlage, bezw. Bedienung verhüten, dafs die oben zugeführte kalte Luft in gefchloffenem Strome den unten befindlichen Abluftöffnungen zueilt, ohne inzwifchen ihren Zweck erfüllt zu haben. Bei nicht zu grofsem Temperaturunterfchied ift es möglich, die Luftzufuhr von oben nach unten ftattfinden zu laffen, ohne hierdurch nennenswerte Unannehmlichkeiten für die Perfonen, welche in dem Raume fich aufhalten, hervorzurufen. Hierzu ift zunächft ein reichlicher Raum über den Köpfen der Menfchen erforderlich, um hier diejenige Zerftreuung des Stromes zu bewirken, welche eine möglichft gleichmäfsig abwärts gerichtete Gefchwindigkeit bedingt. In fehr hohen Räumen vermag man von einer Stelle aus die gefamte Luft einzuführen, indem diefe Oeffnung fo vergittert wird, dafs die Luft in vielen dünnen, auseinandergehenden Strahlen in den Raum gelangt.

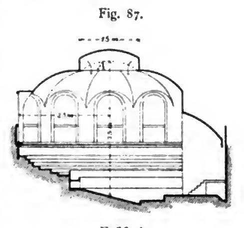
Im Feftfaale des Trocadéro-Palaftes zu Paris findet die Lufteinführung in diefer Weife ftatt [153]).

Der im wefentlichen runde Saal, deffen Kuppel an die Sparren des Daches gehängt ift, hat etwa 50 m Durchmeffer. In der Mitte der Kuppel befindet fich eine kleinere Kuppel *A* (Fig. 87) von etwa 15 m Durchmeffer, über welche die frifche Zuluft geführt wird und durch deren

[153]) Vergl.: *Le palais du Trocadero.* Paris 1878. — Eifenb., Bd. 8, S. 127. — *Nouv. annales de la conft.* 1878, S. 78 u. 99. — *Annales induftr.* 1879, S. 595. — Rohrleger 1878, S. 136. — Polyt. Journ., Bd. 231, S. 387.

zahlreiche Oeffnungen ſie in den Saal gelangt. Damit die kältere Zuluft nicht geraden Weges nach unten flieſst, hat man die Abluftöffnungen, von denen gegen 15 000 vorhanden ſein dürften, über den ganzen Saal verteilt. Im Parkett iſt die Anordnung der Abluftöffnungen ſo getroffen, wie Fig. 88 u. 89 erkennen laſſen. Zwiſchen den Rücklehnen der Seſſel ſind aufrechte Rohre *a* angebracht, welche mit den unter dem Fuſsboden liegenden Sammelrohren in Verbindung ſtehen. Die Rohre *a* haben zunächſt nahe über dem Fuſsboden vergitterte Oeffnungen *c*, *c*, auſserdem noch je eine ebenfalls vergitterte Oeffnung *b*. Der Saal hat 4665 Plätze und auſserdem Raum für 350 Muſiker, bezw. Sänger und ſoll ſtündlich 200 000 cbm oder etwa 240 000 kg friſche Luft zugeführt erhalten. Ich habe einer der groſsen Muſikaufführungen, welche gelegentlich der 1878er Weltausſtellung in dem fraglichen Saale ſtattfanden, beigewohnt und hierbei einen lotrecht unter der Lufteintrittsöffnung befindlichen Platz benutzt; trotz ſorgfältiger Beobachtung vermochte ich keine Beläſtigung durch Zug zu bemerken. Die Entfernung der einzelnen Lufteinſtrömungsöffnungen von den Köpfen der Menſchen iſt hier 30 m und mehr, ſo daſs, auſser der Zerlegung des Luftſtromes, durch Nebenſtrömungen ein Anwärmen, bew. ein Binden der freigewordenen Wärme ſtattfinden dürfte, bevor die Zuluft mit den Köpfen der Zuhörer in Berührung kommt.

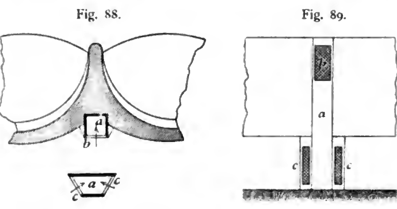
Fig. 87.



Feſtſaal
des Trocadéro-Palaſtes in Paris.
1/1250 w. Gr.

Eine ähnliche Anordnung, die, was Annehmlichkeit für die Beſucher anbelangt, ſich ebenſo bewährt hat, findet ſich im groſsen Hörſaal des *Conſervatoire des arts et métiers* zu Paris. Hier ſind 12 Einſtrömungsöffnungen an der Decke verteilt, während zahlreiche Abluftöffnungen unter den Sitzen und an anderen geeigneten Orten des Raumes angebracht ſind.

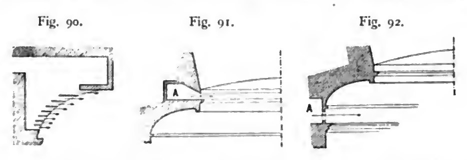
Fig. 88. Fig. 89.



Man kann eine ähnliche Wirkung hervorbringen, indem man die kalte Luft durch nach der Decke gerichtete Rohre einführt[154]).

Häufiger befinden ſich die Zuluftöffnungen in den Wänden. Sie werden dann möglichſt hoch gelegt und gut verteilt. In dem früheren Reichstags-Sitzungsſaale zu

Fig. 90. Fig. 91. Fig. 92.



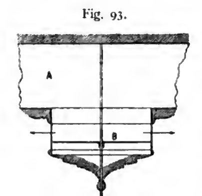
Berlin befinden ſich zahlreiche Oeffnungen in den beiden Längswänden, 11 m über dem Fuſsboden.

Im neuen Reichstags-Sitzungsſaale zu Berlin ſind die Zuluftöffnungen (nach

154) Siehe das in Fuſsnote 151 (S. 176) genannte Ergänzungsheft, S. 22.

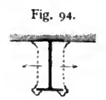
Fig. 90) in den Vouten ausgebildet [155]); rings um das Deckenlicht läuft ein Luftkanal, welcher mit den vergitterten Oeffnungen in freier Verbindung fteht. Die Gitterftäbe find plattenförmig, um die Luft zu lenken. Bei der durch Fig. 91 dargeftellten Anordnung liegt der ringförmige Luftkanal über dem Deckengefims, während in Fig. 92 (Bürgerfchaftsfaal in Hamburg [156]) der Verteilungskanal *A* tiefer liegt.

Fig. 93.



Für manche Fälle ift die durch Fig. 93 dargeftellte Anordnung [157]) zweckmäfsig; fie ift unter anderem im Gebäude der Mufeumsgefellfchaft zu Bremen angewendet. Der Zuluftkanal *A* liegt über der Decke. An eine kreisrunde Bodenöffnung fchliefst fich ein trommelförmiges Ausftrömungsgitter. Eine Platte *B* ift an einer in der Mitte des Gitters feftfitzenden Stange lotrecht verfchiebbar, um die Gröfse der Ausftrömungsöffnung regeln zu können.

Fig. 94.

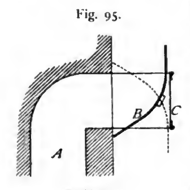


Hiermit ift die Anordnung, welche Fig. 94 darftellt, verwandt. Unter der Decke liegt, z. B. als Verkleidung eines eifernen Balkens, ein Luftkanal mit feitlichen Durchbrechungen, durch welche die Luft austritt.

Für kleinere Verhältniffe foll fich der durch Fig. 95 in lotrechtem Schnitt verfinnlichte Luftlenker bewährt haben [158]).

Vor der Mündung des Zuluftkanals *A* ift das Leitblech *B* fo angebracht, dafs es um eine wagrechte Achfe fich drehen und in verfchiedenen Lagen fich feftftellen läfst. In der ausgezogen gezeichneten Lage lenkt das Blech die Luft nach oben, in der punktiert gezeichneten nach unten und in einer zwifchen beiden befindlichen Lage teils nach oben, teils nach unten. Man wählt nun eine im gegebenen Falle am wenigften beläftigende Lage. Der Blechkörper *C* dient im wefentlichen als Zierat.

Fig. 95.



Luftlenker.

219.
Lage der Abftrömungsöffnungen.

Die Abluftöffnungen wird man, foweit irgend möglich, über den Grundrifs des in Frage kommenden Raumes verteilen, um eine möglichft gleichförmige, alfo für jeden Ort tunlichft geringe Luftgefchwindigkeit zu erhalten. Bei feften Plätzen der Infaffen ift dies immer zu erreichen. In Hörfälen, Sitzungsräumen, Theatern, Krankenhäufern (bei letzteren unter den Betten) find unfchwer geeignete Plätze für die Abluftöffnungen zu finden. In Tanzfälen und dergl. wird man fich mit feitlich liegenden Abluftöffnungen begnügen müffen; bei Wohnräumen kann man dasfelbe Verfahren anwenden, teils weil fie nicht fehr grofs, teils weil die darin fich aufhaltenden Menfchen nur gering an Zahl find.

Es ift hier immer die Rede von der Abführung der Luft am Fufsboden gewefen. Gleichzeitig wurde erwähnt, dafs man für eine geeignete Verteilung der Abluftöffnungen zu forgen habe. Hieraus kann man ohne weiteres fchliefsen, dafs z. B. die Logen und Galerien der Theater, die Tribünen der Verfammlungsfäle u. f. w. in der Nähe ihrer Fufsböden eigene Abzugsöffnungen haben müffen; ich halte es für notwendig, hierauf befonders aufmerkfam zu machen.

155) Siehe: Zeitfchr. d. Ver. d. Ing. 1884, S. 717, 733, 760, 782, 805.

156) Zeitfchr. d. Ver. d. Ing. 1894, S. 241.

157) Siehe: MORIN, A. *Études fur la ventilation.* Paris 1862. Bd. 2, S. 143.

158) Siehe: Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1883, S. 611.

220.
Winter- und Sommerlüftung

Das Ergebnis der vorliegenden Erörterung ift fonach, dafs regelmäfsig die Eintrittsöffnungen oben, die Austrittsöffnungen in Fufsbodenhöhe fich befinden müffen. Es ift dies umfo angenehmer, als eine und diefelbe Anordnung fowohl für den Winter als auch für den Sommer gebraucht werden kann.

Dies fchliefst nicht aus, in befonderen Fällen anders zu verfahren. Findet z. B. in Theatern die Beleuchtung der Verfatzftücke auf der Bühne — was häufig der Fall ift — mittels Gas ftatt, fo dürfte man, der aufserordentlich grofsen Wärmeentwickelung halber, regelmäfsig die Luftbewegung auf der Bühne von unten nach oben ftattfinden laffen. Bühne und Zufchauerraum ftehen aber während der Aufführung durch eine fehr grofse und hohe Oeffnung miteinander in freier Verbindung. Daraus folgt ohne weiteres, dafs in beiden die gleiche Bewegungsrichtung angewendet, alfo im vorliegenden Falle auch im Zufchauerraum die frifche Luft unten ein- und oben abgeführt werden mufs.

Auch eine kräftige Gas-, Erdöl- oder Kerzenbeleuchtung kann dazu zwingen, von der Regel abzuweichen. Wird die von der Beleuchtung entwickelte gefamte Wärme (vergl. Art. 151, S. 122) an die umgebende Luft abgegeben, fo ift es unmöglich, die letztere, am Menfchen vorüber, den am oder im Fufsboden befindlichen Abluftöffnungen zuzuführen. Die Luftmenge, welche genügte, die entwickelte Wärmemenge aufzunehmen, ohne fich zu fehr zu erwärmen, würde fo grofs fein, dafs fie nur mit unzuläffiger Gefchwindigkeit durch den Saal zu führen wäre. Im vorliegenden Falle mufs man allgemein die Luft von unten nach oben fich bewegen laffen oder, wenn die Luftzufuhr oben ftattfindet, die Abfuhr teils oben ftattfinden laffen, teils aber die frifche Zuluft nach unten lenken, fo dafs nur der letztere Teil das Bedürfnis der Menfchen befriedigt. Solches ift mittels gefchloffener Beleuchtungseinrichtungen (vergl. Art. 65, S. 57) zu erreichen, welche die Verbrennungsgafe mit aller Beftimmtheit abzuleiten geftatten.

Man hat auch die Zufuhr kälterer Luft in gröfserer Höhe oder nahe der Decke und die Luftabfuhr ebendafelbft angewendet [159]. Es liegt auf der Hand, dafs unter diefen Umftänden die für die Infaffen des Raumes beftimmte Luft nach unten fallen und dann nach oben fteigen, alfo den Querfchnitt des Raumes zweimal in entgegengefetzter Richtung durchftrömen mufs. Dadurch wird nicht allein die Luftgefchwindigkeit verdoppelt, fondern die Wahrfcheinlichkeit, dafs »Zug« eintreten wird, noch durch die Regellofigkeit diefer Luftbewegung vermehrt. Die Erfahrung beftätigt dies [160].

3) Entnahmeftellen für die frifche Zuluft.

221.
Entnahme der Luft.

Die zufällige Lüftung läfst fich die Stellen, von wo aus die frifche Zuluft entnommen werden foll, nicht vorfchreiben.

Die künftliche Lüftung dagegen geftattet eine Auswahl der Schöpfftellen. Sie follen fich felbftverftändlich da befinden, wo auf möglichfte Reinheit der Luft gerechnet werden kann. Wegen der Ausdünftungen der Erdoberfläche und auch, weil der Staub im allgemeinen in unmittelbarer Nähe der Erdoberfläche ftärker vertreten

159) Siehe: Gefundh.-Ing. 1887, S. 224

160) Vergl. über die Lage der Zu- und Abluftöffnungen:

FERRINI, R. Technologie der Wärme etc. Deutfch von M. SCHROTTER. Jena 1877. S. 415 ff.

HUDELO. Die Ein- und Austrittsöffnungen der Luft bei Ventilation. *Revue d'hyg.* 1879.

FISCHER, H. Preisbewerbung für die Heizungs- und Lüftungsanlage des neuen Reichstagsgebäudes in Berlin. Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1884, S. 784

ift als in einiger Höhe über ihr, entnimmt man die Zuluft gern wenigftens 0,50 bis 1,00 m über der Erdoberfläche. In Rückficht auf Staub fucht man die Luftfchöpforte möglichft von verkehrsreichen Wegen entfernt zu halten oder doch an folche Orte zu legen, die durch Gebüfch und dergl. einigermafsen gegen Staub gefchützt find. Demnach find Gärten für den vorliegenden Zweck beliebte Orte. Sauber gehaltene Höfe, die nicht von Grundftücken mit rufsenden Schornfteinen begrenzt werden, find jedoch ebenfalls zweckmäfsige Entnahmeftellen; in enggebauten Städten dürften fie meiftens als die beften bezeichnet werden müffen. Ebenfo bilden die Aufsenflächen der Gebäude unter Umftänden geeignete Orte zur Luftentnahme. Die vielfach geäufserte Anficht, dafs die Wandflächen, da fie (vermöge der zufälligen Lüftung) die verdorbene Luft der von ihnen umfchloffenen Räume ausatmeten, als Luftentnahmeftellen nicht zu gebrauchen feien, ift nur wenig begründet. Nur bei ruhiger Luft und wenn die in Rede ftehenden Räume wärmer find als die freie Luft, ift ein folches Ausatmen verdorbener Luft an derjenigen Gebäudefläche möglich, an welcher frifche Luft entnommen werden kann. Alsdann bewegt fich aber die ausgeftofsene, wärmere Luft fofort nach oben und kann nur wenig fchaden.

Vielfach wählt man die über dem Erdboden befindlichen Wandflächen der Kellergefchoffe zum Unterbringen der Lufteintrittsöffnungen, wodurch, wenigftens in der Regel, eine weniger reine Luft gewonnen wird als bei Benutzung der höher gelegenen Wandflächen. Jedoch mufs man fich mit der Tatfache ausföhnen, wenn andere Entnahmeorte nicht zur Verfügung ftehen. Schöpft man doch zuweilen die frifche Luft über Dach, alfo an einem Orte, nach welchem die verdorbene Luft fowohl, als auch der Rauch ausgeftofsen wird. Hier, wo der Wind fich frei zu bewegen vermag, wo die Ergiefsung der Gafe nicht gehemmt ift, findet in enggebauten Städten die Verdünnung und Erfrifchung der Luft faft ausfchliefslich ftatt, und deshalb eignet fich in manchen Fällen diefer Ort am meiften für die Luftentnahme.

Die richtige Wahl der Entnahmeftellen kann nur nach örtlichen Verhältniffen getroffen werden und auf Grund der Erwägung, dafs man von den verfügbaren Orten den beften auszufuchen hat[161]).

---

9. Kapitel.

Bewegung der Flüffigkeiten in Rohrleitungen und Kanälen.

a) Widerftände der Bewegung.

222. Reibungswiderftand.

Der fog. Reibungswiderftand, hervorgerufen durch das Verfchieben der Flüffigkeit längs der Rohr- oder Kanalwände und durch Verfchiebungen im Inneren der bewegten Flüffigkeit, wird gemeffen durch den Druck p (in Kilogr.) auf die Flächeneinheit des Rohr- oder Kanalquerfchnittes q (in Quadr.-Met.). Er fteht in geradem Verhältnis zum Umfange u (in Met.) des von der Flüffigkeit erfüllten Querfchnittes, zur Länge l (in Met.) des Rohres und zum Gewicht γ von 1 cbm der Flüffigkeit (in Kilogr.). Die Abhängigkeit von der Stromgefchwindigkeit v wird von verfchie-

161) Vergl: FISCHER, H. Ueber die Schöpfftellen für frifche Luft. Zeitfchr. d Arch.- u Ing.-Ver. zu Hannover 1884, S. 298.

denen Fachmännern verſchieden angegeben. Ich bin der Anſicht, daſs die *Prony-Redtenbacher*'ſche Beziehung nicht allein genügend zutreffende Werte liefert, ſondern auch noch einigermaſsen bequem zu benutzen iſt, drücke ſie aber ſo aus, daſs der zur Ueberwindung des Widerſtandes erforderliche Druck p im geraden Verhältnis zu $\left(\frac{1}{v} + 20\right)\frac{v^2}{2g}$ wächſt.

Bezeichnet man eine durch Erfahrung feſtzuſtellende Wertziffer mit $\varkappa$, ſo entſteht, unter dem Vorbehalt, daſs die Spannung der Flüſſigkeit ſich nur ſehr wenig ändert, d. h. durch die Spannungsänderung eine nennenswerte Aenderung ihres Einheitsgewichtes nicht hervorgerufen wird, die Gleichung für den Reibungswiderſtand:

$$pq = \varkappa \gamma l u \left(\frac{1}{v} + 20\right)\frac{v^2}{2g},$$

oder

$$p = \varkappa \gamma l \frac{u}{q}\left(\frac{1}{v} + 20\right)\frac{v^2}{2g}. \qquad 62.$$

Die Erfahrungszahl $\varkappa$ ſchwankt zwiſchen $0{,}0003$ und $0{,}0010$. Für Leuchtgas, Waſſer u. ſ. w., die in guten glattwandigen Rohren ſich bewegen, darf man $\varkappa = 0{,}0003$ bis $0{,}0004$, für Luft, welche in gemauerten Kanälen flieſst, je nach dem Zuſtande der Kanalwände, $\varkappa = 0{,}0004$ bis $0{,}0007$, für Rauch $\varkappa = 0{,}0006$ bis $0{,}0010$ ſetzen. Hierbei muſs noch bemerkt werden, daſs auſser der Glätte der Wandflächen auch die Luftdurchläſſigkeit gemauerter Kanalwände die Bewegung der Luft und des Rauches beeinträchtigt. Richtiger würde man dieſen Einfluſs beſonders berechnen; in Ermangelung genügenden Anhaltes für dieſe Berechnung ſchlieſse ich, dem Gebrauch gemäſs, den Einfluſs der Luftdurchläſſigkeit in die Gröſse $\varkappa$ für Rauch und Luft ein und bemerke hierzu, daſs dieſer ſich beſonders bei freiſtehenden Schornſteinen, aber auch bei mit dünnen, gemauerten Wänden ausgeſtatteten Luftleitungskanälen fühlbar macht.

Für groſse Werte von v verſchwindet der Wert $\frac{1}{v}$ gegen 20, für ſehr kleine Geſchwindigkeiten dagegen 20 gegen $\frac{1}{v}$, ſo daſs für dieſe Sonderfälle die Gleichung, welche den Reibungswiderſtand ausdrückt, in die einfacheren übergeführt werden kann:

$$p = 20\,\varkappa \gamma l \frac{u}{q}\frac{v^2}{2g}, \qquad 63.$$

oder

$$p = \frac{\varkappa}{2g}\gamma l \frac{u}{q} v. \qquad 64.$$

223.
Richtungs- und Querſchnitts-änderungen.

Der Widerſtand, welchen eine ſcharfe rechtwinkelige Ablenkung der Bewegungsrichtung verurſacht, kann ausgedrückt werden durch

$$p = 1{,}0\,\gamma \frac{v^2}{2g}. \qquad 65.$$

Richtungsänderungen, welche bewegte Flüſſigkeiten in gut gerundeten rechtwinkeligen Kanal- oder Rohrknieen erfahren, verurſachen einen geringeren Widerſtand, nämlich etwa

$$p = (0{,}3 \text{ bis } 0{,}5)\,\gamma \frac{v^2}{2g}. \qquad 66.$$

Querſchnittsveränderungen verurſachen, abgeſehen vom entſtehenden, bezw. hervorzubringenden anderen v, ebenfalls Bewegungshinderniſſe. Man wird ſie möglichſt zu vermeiden und in unvermeidlichen Fällen möglichſt ſanfte Uebergänge zu ſchaffen ſuchen. Alsdann können die entſtehenden Widerſtände vernachläſſigt werden. In einigen unvermeidlichen Fällen muſs man jedoch auf einen entſprechenden Widerſtand Rückſicht nehmen. So bei geöffneten Ventilen, bei welchen der Widerſtand

$$p = (0{,}5 \text{ bis } 1{,}0)\, \gamma \frac{v^2}{2g}, \qquad 67.$$

bei geöffneten Hähnen, bei welchen er

$$p = (0{,}1 \text{ bis } 0{,}3)\, \gamma \frac{v^2}{2g} \qquad 68.$$

iſt, und bei Vergitterungen, die einen Widerſtand erzeugen:

$$p = (0{,}8 \text{ bis } 1{,}3)\, \gamma \frac{v^2}{2g}, \qquad 69.$$

ſofern die Querſchnitte keine gröſsere als die Geſchwindigkeit v verlangen.

Bedeutende Querſchnittserweiterungen, wie ſie z. B. beim Eintritt des Waſſers in Heizkörper, beim Eintritt der Luft in die Zimmer u. ſ. w. eintreten, finden dadurch gebührende Berückſichtigung, daſs man die der Flüſſigkeit bisher eigene Geſchwindigkeit als verlorengehend betrachtet.

Widerſtände, welche Filter verurſachen (ſiehe Art. 205, S. 169), ſind beſonders zu berückſichtigen.

224. Erzeugung der Geſchwindigkeit.

Endlich iſt der Druck in Rechnung zu ſtellen, welcher die Geſchwindigkeit v überhaupt hervorruft; er iſt oft in einer und derſelben Leitung wegen bedeutenderer Querſchnittserweiterungen mehrere Male in Anſatz zu bringen. Der betreffende Druck hat die Gröſse

$$p = 1{,}0\, \gamma \frac{v^2}{2g}. \qquad 70.$$

225. Geſamtwiderſtand.

Bezeichnet man mit ξ die Faktoren der Gleichungen 65 bis 70, welche, mit γ und $\frac{v^2}{2g}$ multipliziert, die einzelnen Widerſtände p geben, ſo iſt der Geſamtwiderſtand zwiſchen zwei Punkten der Leitung auszudrücken durch:

$$p_1 - p_2 = \Sigma p = \left[\varkappa\, l \frac{u}{q}\left(\frac{1}{v} + 20\right) + \Sigma \xi\right] \gamma \frac{v^2}{2g}. \qquad 71.$$

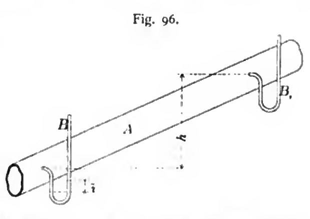
Man miſst die Preſſung der eingeſchloſſenen Flüſſigkeit, indem man durch die Wand des Rohres oder des Kanals A (Fig. 96) ein **U**-förmig gebogenes, an beiden Enden offenes Rohr B ſteckt, welches eine genügend ſchwere Flüſſigkeit enthält. Der lotrechte Abſtand der beiden Flüſſigkeitsſpiegel in B ſtellt den Druckunterſchied dar, welcher zwiſchen dem Inneren des Rohres A und ſeiner Umgebung herrſcht. Verwendet man für die Flüſſigkeit des **U**-förmigen Rohres B Waſſer, ſo entſpricht 1 mm des Flüſſigkeitsſpiegel-Abſtandes z genau genug 1 kg Druckunterſchied für 1 qm Fläche, da eine Waſſerplatte von 1 qm Gröſse und 1 mm Dicke 1 l miſst und im Zuſtande gröſster Dichte 1 kg wiegt. Verwendet man im Rohre B Queckſilber, ſo entſpricht jedes Millimeter des Flüſſigkeitsſpiegelabſtandes 13,6 kg Druckunterſchied für 1 qm.

b) Einflufs der Verfchiedenheit der Gewichte geleiteter Flüffigkeiten.

226.
Einflufs von Gewichts-verfchiedenheiten.

Der vorhin genannte Druckunterfchied ift in verfchiedenen Höhenlagen (abgefehen von den eigentlichen Bewegungshinderniffen) verfchieden, fobald die Flüffigkeit, welche die Rohrleitung oder den Kanal füllt, fchwerer oder leichter ift als die auf den freien Schenkel des Druckmefferrohres drückende Flüffigkeit, alfo die freie Luft.

Fig. 96.



Es heifse die Höhe, um welche zwei Druckmeffer B und B_1 (Fig. 96) voneinander entfernt find, h, das Gewicht von 1 cbm der in A geleiteten Flüffigkeit Γ, das Gewicht von 1 cbm der umgebenden Luft γ; alsdann wirkt, wenn bei B_1 im Inneren des Rohres A der Druck P herrfcht, auf den mit A verbundenen Schenkel des Druckmeffers B der Druck $P + h\Gamma$, und, wenn der Druck auf den freien Schenkel des Druckmeffers $B_1 = p$ ift, auf den freien Schenkel des Druckmeffers B der Druck $p + \gamma h$. Die Abweichung der Druckunterfchiede ift fonach

$$[(P + h\Gamma) - (p + h\gamma)] - [P - p] = \mathfrak{P}$$

oder

$$\mathfrak{P} = h[\Gamma - \gamma]. \quad \ldots \quad 72.$$

Befteht z. B. die geleitete Flüffigkeit aus Leuchtgas von 0,6 kg Gewicht für 1 cbm, während 1 cbm der umgebenden Luft das Gewicht 1,2 kg habe, fo wird für $h = 1$ m

$$\mathfrak{P} = 1\ (0{,}6 - 1{,}2) = -0{,}6 \text{ kg},$$

d. h. der Druck in der Rohrleitung vermindert fich dem Aufsendrucke gegenüber für jedes Meter geringerer Höhenlage um 0,6 kg.

Man wird deshalb von dem den Bewegungswiderftand darftellenden Druck einen entfprechenden Betrag abziehen, wenn die Bewegung in der Leitung nach oben gerichtet ift, dagegen den Ausdruck fur die Bewegungswiderftände um die in Frage kommende Gröfse vermehren, fobald die leichtere Flüffigkeit nach unten fliefst.

227.
Auftrieb

Ein gleiches ift natürlich der Fall, wenn zwar eine gleichartige Flüffigkeit, alfo z. B. Luft, in und aufserhalb des Rohres A (Fig. 96) fich befindet, wenn fie jedoch verfchiedene Temperaturen hat.

Behufs Gewinnens einfacher und genügend genauer Ausdrücke habe ich für den Einflufs der Temperaturänderung auf das Einheitsgewicht der Flüffigkeiten die folgenden neuen Formeln aufgeftellt [162]). Es bedeutet γ das Gewicht von 1 cbm, t die Temperatur der Flüffigkeit; dann ift

$$\text{für Luft:} \quad \gamma = 1{,}3 - 0{,}004\ t, \quad \ldots \quad 73.$$

$$\text{für Rauch:} \quad \gamma = 1{,}25 - 0{,}0027\ t, \quad \ldots \quad 74.$$

$$\text{für Waffer:} \quad \gamma = 1000 - 0{,}004\ t^2. \quad \ldots \quad 75.$$

Der genaue Wert für das Gewicht des Waffers ift fehr unbequem [163]); ältere **Annäherungs**formeln:

[162]) Siehe: Gefundh.-Ing. 1882, S. 311 (mit vielen Druckfehlern) — ferner: Wochfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1883, S. 155.

[163]) Siehe: WÜLLNER, A. Lehrbuch der Experimentalphyfik. 4. Aufl. Bd. 3: Die Lehre von der Wärme. Leipzig 1885. S. 71.

$$Péclet:\ \gamma = 1008{,}6 - 0{,}5\, t;\quad Ferrini:\ \gamma = \frac{1000}{0{,}0885 + 0{,}0005\, t};$$

$$Schinz:\ \gamma = \frac{1000}{1 + 0{,}000466\, t}$$

liefern teils nur in ſehr engen Grenzen brauchbare Werte oder unbequeme Ausdrücke. Mein Ausdruck für das Gewicht des Waſſers ergibt zwiſchen 0 und 150 Grad nur ſehr geringe Abweichungen von den genauen Gewichten.

Der Ausdruck für Rauch kann naturgemäſs nur angenähert richtige Ergebniſſe liefern, weil das Gewicht des Rauches vor allem auch von ſeiner Zuſammenſetzung abhängt.

Für trockene Luft iſt genau $\gamma = \frac{1{,}293187}{1 + 0{,}003665\, t}$; allein, man hat mit trockener Luft in der Technik nicht zu tun, vielmehr mit mehr oder weniger gefeuchteter Luft. Für dieſe ſchlieſsen ſich die Ergebniſſe meines Ausdruckes von -20 bis $+120$ Grad dem Mittel genauer an als diejenigen, welche die für trockene Luft genaue Gleichung liefert.

Fügt man dieſe Ausdrücke in die Gleichung 72 ein, ſo wird der Druckunterſchied, wenn die beiden in Frage kommenden Temperaturen der betreffenden Flüſſigkeiten t_1, bezw. t_2 heiſsen,

für Luft: $p = h\,[1{,}3 - 0{,}004\, t_1 - (1{,}3 - 0{,}004\, t_2)] = 0{,}004\, (t_2 - t_1)\, h$, . . . 76.

für Waſſer: $p = h\,[1000 - 0{,}004\, t_1^2 - (1000 - 0{,}004\, t_2^2)] = 0{,}004\, (t_2^2 - t_1^2)\, h$, 77.

welcher Druckunterſchied der Auftrieb des Höhenteiles h genannt wird und in erwähnter Weiſe von der die Bewegungswiderſtände ausdruckenden Gröſse abzuziehen oder ihr hinzuzuzählen iſt.

c) Einfluſs der Wärmeleitung der Kanal-, bezw. Rohrwände.

228. Einfluſs der Temperaturänderungen.

Die ſoeben beſprochene Beeinfluſſung der Flüſſigkeitsbewegung iſt nicht allein von Bedeutung, wenn z. B. die geleitete Luft überhaupt eine andere Temperatur hat als die freie Luft, ſondern ſelbſtverſtändlich auch, wenn die Temperatur in der Leitung ſich ändert, ſei es durch Wärmezufuhr oder Wärmeabfuhr.

Eine Verminderung der Temperatur des aufſteigenden Stromes, wie eine Vergröſserung der Temperatur im abſteigenden Strome haben eine Hemmung der Bewegung, das Umgekehrte hat eine Förderung der Bewegung zur Folge. Angeſichts des meiſtens unregelmäſsigen Verlaufes der Kanäle iſt eine analytiſche Behandlung des in Rede ſtehenden Einfluſſes nur in beſonderen Fällen geraten. Meiſtens ſucht man derartige Temperaturänderungen möglichſt zu verhüten (durch Lage der Kanäle und Rohrleitungen, gröſsere Wandſtärken, Umhüllungen u. ſ. w.) und vernachläſſigt ſie alsdann. Iſt man nicht im ſtande, die Temperaturänderungen in genügendem Maſse zu verhindern, ſo wird aus dem mittleren Temperaturunterſchied (vergl. Formel 32, S. 131) die Aenderung beſonders berechnet.

229. Inbetriebſetzen der Leitung.

Nicht zu berechnen ſind die Wirkungen des Auftriebes beim Inbetriebſetzen der Leitungen. Alsdann ſind die Wände der Leitungen entweder kälter oder wärmer als die zu leitende Flüſſigkeit; ein Zufall könnte eine Gleichheit der Temperaturen hervorbringen. Ich will hier nur die Vorgänge beſprechen, die beim Inbetriebſetzen von Luft- und Rauchleitungen eintreten und oft von recht unangenehmen Folgen ſind. Die Anordnung eines Kanalnetzes ſei derartig, daſs der Auftrieb allein die Bewegung hervorzubringen und zu erhalten hat; die Kanäle ſeien kälter als die Luft oder der Rauch. Alsdann kühlt ſich die Luft ab und bringt einen dementſprechend geringeren Auftrieb hervor. Die Widerſtände wachſen

(im grofsen und ganzen) mit dem Quadrat der Gefchwindigkeit; fomit ift der geringe Auftrieb im ftande, eine geringe Bewegung zu erzeugen, vermöge welcher mehr und mehr warme Luft dem Kanalnetz zugefuhrt wird, alfo diefes mehr und mehr auf diejenige Temperatur erwärmt wird, die dem Beharrungszuftande entfpricht. Nach dem Inbetriebfetzen verftreicht fomit eine gewiffe Zeit, die oft recht lang ift, bevor der Beharrungszuftand eintritt.

Bei der gegebenen Auseinanderfetzung wurde angenommen, dafs die Kanalwände nicht kälter feien als die freie Luft. Durch den Temperaturwechfel, oft fchon den regelmäfsigen, der zwifchen Tag und Nacht ftattfindet, kann nun der Fall eintreten, dafs die Kanalwände kälter find als die freie Luft. Die Folge hiervon ift, dafs die in den Kanälen befindliche Luft kälter als diejenige des Freien ift, fo dafs ein fog. verkehrter Auftrieb eintritt, der, wenn die Mündungen der Kanäle freigelegt werden, alfo das Inbetriebfetzen der Anlage erfolgen foll, die Luft in den fteigenden Teilen des Kanals nach unten drückt, d. h. die der beabfichtigten entgegengefetzte Bewegung hervorbringt und jenes allmähliche Anwärmen vereitelt. Die gewünfchte Bewegungsrichtung ift alsdann nur nach einem entgegengefetzten Temperaturwechfel der freien Luft erreichbar.

Dies weifs jeder, welcher verfuchte, am Tage einen Schornftein in Betrieb zu fetzen, welcher mehrere Tage lang nicht benutzt wurde; dies müffen unfere Hausfrauen erfahren, wenn fie nach kühlen Nächten erft am fpäten Vormittag während warmen Sonnenfcheines das Küchenfeuer entzünden laffen. Im Volksmunde fagt man: »Die Sonne drückt den Rauch im Schornftein herab.« Verfucht man das Anfeuern am kühlen Abend nach einem warmen Tage, fo gelingt das Inbetriebfetzen fpielend. Damit ift angedeutet, was für Mittel gegen den genannten Uebelftand anzuwenden find: neue Schornfteine oder folche, welche felten benutzt werden, aber eine folche Lage haben, dafs fie fich erheblich abzukühlen vermögen (z. B. die Schornfteine der Kirchen), fetze man regelmäfsig am Abend oder in der Nacht in Betrieb; andere nicht dauernd benutzte Schornfteine fchütze man gegen Wärmeverlufte, fo dafs ihre Wandungen bei erneutem Inbetriebfetzen von der vorigen Benutzung noch genügende Wärme enthalten.

Immer ift es nötig, fofern man auf ein rafches Inbetriebfetzen Wert legt, den nach dem Beharrungszuftande berechneten Mafsen einen Zufchlag zu geben.

230. Waffer- und Luftleitungen.

Die der Temperaturänderung entfprechende Raumänderung vernachläffigt man bei Waffer infoweit, wie die Gefchwindigkeit durch fie beeinflufst wird. Bei Luftleitungen fetzt man häufig die Gefchwindigkeit v als mit der Temperatur veränderlich ein, wie weiter unten gefchehen wird, rechnet aber häufiger mit demjenigen v, welches der mittleren Temperatur entfpricht.

231. Dampfleitungen

Zur Berechnung der Dampfleitungen ift der Raum, welchen der Dampf an jedem Orte der Leitung einnimmt, bezw. die diefem entfprechende Gefchwindigkeit, wegen der ftattfindenden teilweifen Verdichtung des Dampfes, unbedingt in Rechnung zu ziehen. Es fei Q die ftündlich an den Ort des Verbrauches zu fördernde Dampfmenge (in Kilogr.); p die Spannung des Dampfes (in Kilogr.) fur 1 qm, und zwar p_1 diejenige am Anfange, p_2 diejenige am Ende der Leitung; γ das Gewicht von 1 cbm Dampf; v die fekundliche Gefchwindigkeit des Dampfes (in Met.), und zwar v_1 diejenige am Anfange, v_2 diejenige am Ende der Leitung; l die Länge der Leitung (in Met.); x ein Teil davon; D ihre Weite (in Met.); δ die doppelte Wandftärke des Rohres, nach Umftänden vermehrt um die einfache Dicke ihrer Umhüllung.

Alsdann ift der Widerftand, welcher in einer dx Meter langen Rohrleitung auftritt, nach Gleichung 62

$$dp = \varkappa \gamma \frac{D\pi}{D^2 \frac{\pi}{4}} \left(\frac{1}{v} + 20\right) \frac{v^2}{2g} dx \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 78.$$

In dieser Gleichung ist $\varkappa = 0{,}00036$ zu setzen, und es kann der Ausdruck $\frac{1}{v}$ gegen 20 vernachlässigt werden, da v selten unter 10 m genommen wird. Alsdann erhält man die einfachere Gleichung

$$dp = 0{,}0015\,\gamma \frac{dx}{D} v^2 \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 79.$$

Es ist sowohl v, als auch γ veränderlich; letzteres, weil die Spannung p des Dampfes wegen des Reibungswiderstandes vom Endpunkte der Leitung ab zunimmt, also p_1 gröfser sein mufs als p_2; ersteres, weil eine gewisse Dampfmenge, unvermeidlicher Wärmeverluste halber, verdichtet wird, somit die Menge des Dampfes ebenfalls vom Endpunkte der Leitung ab wächst. Das Gewicht von 1 cbm Dampf, also γ, ist nach der *Navier*'schen Naherungsformel

$$\gamma = \frac{o + p}{n}, \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 80.$$

worin die Erfahrungszahlen o und n folgende Gröfse haben:

$$\left.\begin{array}{l} \text{für } p < 36000 \text{ ist } n = 19995,\ o = 1200 \\ \phantom{\text{für }} p > 36000 \phantom{\text{ ist }} n = 21224,\ o = 3000 \end{array}\right\} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 81.$$

Der Wärmeverlust des Dampfes ist abhängig von der Art der Rohrwandung, dem Temperaturunterschied, welcher zwischen dem Dampf und der Umgebung des Rohres herrscht, und dem Bewegungszustande der umgebenden Luft. Die zuletztgenannten beiden Einflüsse sind nicht allgemein zu verfolgen, indem die betreffende Dampfleitung gewöhnlich durch verschiedene Räume mit wechselnden Lufttemperaturen geführt wird; deshalb mag nur die Art der Rohrwandung berücksichtigt werden. Sofern bestimmte Zustände der umgebenden Luft bekannt sind, wird man sie durch Wahl der im folgenden näher bezeichneten Wertziffern K gebührend in Rechnung stellen.

Die Rohrwandungen werden ausschliefslich aus Metall hergestellt und sind verhältnismäfsig dunn, weshalb man, ohne einen erheblichen Fehler zu machen, den Wärmeverlust als im geraden Verhältnis zur Rohraufsenfläche setzen kann, so dafs bei nackten Rohren jedes Längenmeter stündlich $(D + \delta)\,\pi\,(T - t)\,k$ Wärmeeinheiten verliert, wenn $\frac{\delta}{2}$ die Wanddicke des Rohres, $T - t$ den mehrerwähnten Temperaturunterschied und k die Zahl der Wärmeeinheiten bezeichnet, welche stündlich für 1 Grad Temperaturunterschied und durch 1 qm Fläche überführt wird.

Meistens werden die Rohre eingehüllt, um den Wärmeverlust zu vermindern. Alsdann durfte der Wärmeverlust in geradem Verhältnis zu derjenigen Fläche stehen, welche in der Mitte zwischen der äufseren und inneren Fläche der Hülle sich befindet; der vorhin gegebene Ausdruck ist somit auch für diesen Fall zutreffend, wenn $\frac{\delta}{2}$ gleich der Wanddicke des Metalles, vermehrt um die halbe Wanddicke der Hülle, gesetzt wird.

Die Wärmemenge, welche bei Verdichtung von 1 kg Dampf frei wird, bezw. welche verloren gehen mufs, um 1 kg Dampf in Wasser zu verwandeln, schwankt

(für Dampf, dessen Spannung 10000 bis 50000 kg für 1 qm oder dessen Ueberdruck etwa 0 bis 4 Atmosphären beträgt) nur zwischen 537 und 502 Wärmeeinheiten. Daher dürfte es für den vorliegenden Zweck genugen, für jedes Kilogramm Dampf 520 Wärmeeinheiten in Rechnung zu stellen. Somit ist die von 1 m Rohrlänge stündlich verdichtete Dampfmenge (in Kilogr. ausgedrückt):

$$\frac{(D + \delta)\ \pi\ (T - t)\ k}{520} = (D + \delta)\ K, \quad \ldots\ldots \quad 82.$$

in welcher Gleichung K eine für den einzelnen Fall zu bestimmende Wertziffer bezeichnet.

Am Ende der Leitung sollen Q Kilogr. Dampf zur Verfügung stehen; somit muss ein Rohrquerschnitt, welcher um x Meter vom Ende der Leitung entfernt ist, die Dampfmenge

$$Q + (D + \delta)\ Kx$$

durchströmen, so dass die in diesem Querschnitte herrschende Geschwindigkeit v auszudrucken ist durch

$$v = \frac{4}{D^2 \pi}\ \frac{Q + (D + \delta)\ Kx}{3600}\ \frac{n}{o + p}, \quad \ldots\ldots \quad 83.$$

und der Reibungswiderstand, welchen an dieser Stelle eine Rohrlänge dx verursacht, nach den Gleichungen 79 u. 80

$$dp = 0{,}0015\ \frac{o + p}{n}\ \frac{1}{D}\ \frac{4^2}{D^4 \pi^2} \left[\frac{Q + (D + \delta)\ Kx}{3600}\right]^2 \left(\frac{n}{o + p}\right)^2 dx \quad . \quad 84.$$

Es sei nun für kurze Zeit

$$\frac{0{,}0015 \cdot 4^2}{3600^2 \pi^2} = \mathfrak{A}; \quad \ldots\ldots \quad 85.$$

dann erhält man aus Gleichung 84 nach wenigen Umänderungen

$$(o + p)\ dp = n\ \frac{\mathfrak{A}}{D^5} \left[Q + (D + \delta)\ Kx\right]^2 dx \quad \ldots\ldots \quad 86.$$

und durch Integrieren beider Seiten

$$\frac{(o + p)^2}{2} = n\ \frac{\mathfrak{A}}{D^5}\ \frac{\left[Q + (D + \delta)\ Kx\right]^3}{3\ (D + \delta)\ K} + Konst. \quad \ldots\ldots \quad 87.$$

Für $p = p_1$ ist $x = l$; für $p = p_2$ ist $x = 0$, sonach

$$o^2 + 2\,o p_1 + p_1^2 = \frac{2\,n\,\mathfrak{A}}{D^5 . 3\ (D + \delta)\ K} \left[Q^3 + 3\ Q_2\ (D + \delta)\ Kl + 3\ Q\ (D + \delta)^2\ K^2 l^2 + (D + \delta)^3\ K^3 l^3\right] + Konst. \quad \ldots\ldots \quad 88.$$

$$o^2 + 2\,o p_2 + p_2^2 = \frac{2\,n\,\mathfrak{A}}{D^5 . 3\ (D + \delta)\ K}\ Q^3 + Konst. \quad \ldots\ldots \quad 89.$$

Durch Abziehen der Gleichung 89 von 88 verschwindet die unbekannte Konstante, und es entsteht die folgende Gleichung:

$$p_1^2 + 2\,o p_1 - p_2^2 - 2\,o p_2 = \frac{2\,n\,\mathfrak{A}}{D^5 . 3\ (D + \delta)\ K} \left[3\ Q^2\ (D + \delta)\ Kl + 3\ Q\ (D + \delta)^2\ K^2 l^2 + (D + \delta)^3\ K^3 l^3\right] \quad \ldots\ldots \quad 90.$$

oder, nach entfprechender Umformung,

$$p_1^2 + 2op_1 - p_2^2 - 2op_2 - \frac{2n\mathfrak{A}l}{3D^5}\left\{3Q^2 + \left[3Q + (D+\delta)\,Kl\right](D+\delta)\,Kl\right\} = 0$$

und

$$p_1 = -o \pm \sqrt{o^2 + 2op_2 + p_2^2 + \frac{2n\mathfrak{A}l}{3D^5}\left\{3Q^2 + \left[3Q + (D+\delta)\,Kl\right](D+\delta)\,Kl\right\}} \quad . \quad 91.$$

In diefer Gleichung gilt zweifellos das +Zeichen vor der Wurzel; nach Einfetzen des Wertes für $\mathfrak{A}$ aus Gleichung 85 und einigen Umformungen wird fie zu der anderen

$$p_1 = \sqrt{(o+p_2)^2 + \frac{2 \,.\, 0{,}0015\, 4^2\, nl}{3 \,.\, 3600^2 \pi^2 D^5}\left\{3Q^2 + \left[3Q + (D+\delta)\,Kl\right](D+\delta)\,Kl\right\}} - o \quad . \quad 92.$$

Hieraus gewinnt man, nach Einfetzen der Werte von n und o aus 81,

für p_1 und $p_2 < 36000$:

$$p_1 = \sqrt{(1200+p_2)^2 + \frac{l}{400000\,D^5}\left\{3Q^2 + \left[3Q + (D+\delta)\,Kl\right](D+\delta)\,Kl\right\}} - 1200; \quad 93.$$

für p_1 und $p_2 > 36000$:

$$p_1 = \sqrt{(3000+p_2)^2 + \frac{l}{370600\,D^5}\left\{3Q^2 + \left[3Q + (D+\delta)\,Kl\right](D+\delta)\,Kl\right\}} - 3000. \quad 94.$$

Den Wert $K = \frac{\pi\,(T-t)\,k}{520}$ darf man im allgemeinen für nackte Rohre = 10 und für eingehüllte Rohre = 2 fetzen.

Beifpielsweife fei:

für nackte Rohre mit $D = 0{,}05$ m und mehr (Gufseifen) . . . . $\delta = 0{,}009 \,.\, 2 = 0{,}018$ m
» » » mit $D = 0{,}044$ m und weniger (Schmiedeeifen) . $\delta = 0{,}003 \,.\, 2 = 0{,}006$ m
» eingehüllte » mit $D = 0{,}05$ m und mehr . . . . $\delta = 0{,}009 \,.\, 2 + 0{,}02 = 0{,}038$ m
» » » mit $D = 0{,}044$ m und weniger . . . . $\delta = 0{,}003 \,.\, 2 + 0{,}03 = 0{,}036$ m;

ferner fei am Ende einer $l = 100$ m langen Rohrleitung bei gröfstem Dampfbedarf $Q = 120$ kg, bei durchfchnittlichem Dampfbedarf = 30 kg; alsdann gibt die Formel 93 die folgenden Werte.

α) Nackte Rohre, $l = 100$ m.

D	$Kl(D+\delta)$	$\frac{Kl(D+\delta)}{Q}$	Q	p_2	p_1	$p_1 - p_2$	v_1	v_2
0,025	31	0,26	120	12000	38600	26600	43,5	102,9
0,031	37	0,31	120	»	24800	12800	44,4	66,9
0,037	43	0,36	120	»	18600	6600	42,3	47,1
0,044	50	0,42	120	»	15200	3200	37,8	33,2
0,050	68	0,57	120	»	14000	2000	35,0	25,3
0,060	78	0,65	120	»	13000	1000	27,4	17,8
0,070	88	0,73	120	»	12460	460	21,7	13,1
0,080	98	0,82	120	»	12250	250	17,9	10,0
0,090	108	0,90	120	»	12215	150	14,9	7,9
0,100	118	0,98	120	»	12090	90	12,7	6,4

β) Nackte Rohre, $l = 100^m$.

D	$Kl(D+\delta)$	$\frac{Kl(D+\delta)}{Q}$	Q	p_2	p_1	$p_1 - p_2$	v_1	v_2
0,025	31	1,03	30	10800	17600	6800	36,7	28,28
0,031	37	1,23	30	»	13200	2400	34,2	18,40
0,037	43	1,43	30	»	12000	1200	28,5	12,91
0,044	50	1,66	30	»	11400	600	23,2	9,13
0,050	68	2,26	30	»	11240	440	22,29	7,07
0,060	78	2,60	30	»	11040	240	17,33	4,01
0,070	88	2,93	30	»	10913	113	14,06	3,61
0,080	98	3,26	30	»	10867	67	11,79	2,76
0,090	108	3,60	30	»	10842	42	10,04	2,18
0,100	118	3,93	30	»	10828	28	6,50	1,77

γ) Gut umkleidete Rohre, $l = 100^m$.

D	$Kl(D+\delta)$	$\frac{Kl(D+\delta)}{Q}$	Q	p_2	p_1	$p_1 - p_2$	v_1	v_2
0,025	12,2	0,10	120	12000	36100	24100	40,11	102,8
0,031	13,4	0,11	120	»	23400	11400	39,92	66,9
0,037	14,6	0,12	120	»	17300	5300	37,60	47,1
0,044	16,0	0,13	120	»	14600	2600	31,32	33,2
0,050	19,6	0,16	120	»	13450	1450	25,16	25,7
0,060	21,6	0,18	120	»	12610	610	20,15	17,8
0,070	23,6	0,20	120	»	12290	290	15,37	13,1
0,080	25,6	0,21	120	»	12150	150	12,05	10,0
0,090	27,6	0,23	120	»	12090	90	9,70	7,9
0,100	29,6	0,24	120	»	12040	40	8,00	6,4

δ) Gut umkleidete Rohre, $l = 100^m$.

D	$Kl(D+\delta)$	$\frac{Kl(D+\delta)}{Q}$	Q	p_2	p_1	$p_1 - p_2$	v_1	v_2
0,025	12,2	0,41	30	10800	14400	3600	30,61	28,28
0,031	13,4	0,44	30	»	12200	1400	23,44	18,40
0,037	14,6	0,48	30	»	11400	600	18,39	12,91
0,044	16,0	0,53	30	»	11070	270	13,09	9,13
0,050	19,6	0,65	30	»	10960	160	11,54	7,07
0,060	21,6	0,72	30	»	10870	70	8,40	4,91
0,070	23,6	0,79	30	»	10833	33	6,45	3,61
0,080	25,6	0,85	30	»	10818	18	5,12	2,76
0,090	27,6	0,92	30	»	10810	10	4,14	2,18
0,100	29,6	0,98	30	»	10806	6	3,513	1,77

Aus den gegebenen Tabellen ift zunächft (was hier nebenfächlich ift) zu erfehen, welchen hohen Wert eine gute Rohrhülle in Bezug auf Dampferfparnis hat. Ferner erfieht man aus ihnen die Bedeutung des Wärmeverluftes für den Reibungswiderftand, fobald man die Zahlenreihen unter $p_1 - p_2$ vergleicht; endlich geht aus dem Vergleich der Zahlenreihen v_1 und v_2 hervor, wie notwendig es ift, die allerdings unbequemen Formeln 93 u. 94 anftatt folcher zu verwenden, welche die Wärmeverlufte vernachläffigen.

Die Reihen $\frac{Kl(D+\delta)}{Q}$ in den Tabellen α und β, namentlich aber in β, lehren, dafs man den Dampfleitungen oft eine erheblich gröfsere Dampfmenge überliefern mufs, als die am Beftimmungsorte geforderte ift. Die Frage, welche Mittel zu ergreifen find, um die grofsen Dampfverlufte zu mindern, beantwortet die Formel 92 gleichfalls, wie die hier folgende kleine Zufammenftellung ergibt.

l	D	$Kl(D+\delta)$	$\frac{Kl(D+\delta)}{Q}$	Q	p_2	p_1	$p_1 - p_2$	v_1	v_2
100	0,025	12,3	0,10	120	37000	51000	14000	29,3	31,8
100	0,031	13,4	0,11	120	37000	42320	5320	23,0	23,4

Eine Erhöhung der Endfpannung des Dampfes p_2 auf 37000 kg oder 2,7 Atmofphären Ueberdruck vermindert den Reibungswiderftand in dem gut eingehüllten, 25 mm weiten Rohre von 24100 auf 14000 kg für 1 qm.

Für den gewöhnlichen Gebrauch find die Gleichungen unbequem. Es ift nun gefunden [164]), dafs für geringen Spannungsverluft in die Gleichung 79

$$dp = 0{,}0015\,\gamma\,\frac{dx}{D}\,v^2$$

für γ deffen mittlerer Wert eingefetzt werden darf.

In der Entfernung x vom Endpunkte der Leitung beträgt die im Rohre fich bewegende Dampfmenge Q Kilogr., welche fchliefslich in jeder Stunde abgeliefert werden foll, vermehrt um die Menge $\frac{V}{l}x$ Kilogr., welche von der bezeichneten Stelle bis zum Endpunkte der Leitung noch verloren geht. V bezeichnet hierbei den gefamten ftündlichen Dampfverluft innerhalb der Rohrlänge l.

Somit ift in der Entfernung x vom Ende der Leitung die fekundliche Dampfgefchwindigkeit

$$v = \frac{4}{D^2\pi}\left(Q + \frac{V}{l}x\right)\frac{1}{3600\,\gamma} \quad \ldots\ldots\ldots \quad 95.$$

Führt man diefen Wert in Gleichung 79 ein, fo erhält man

$$dp = 0{,}0015\,\gamma\,\frac{dx}{D}\left[\frac{4}{D^2\pi}\left(Q + \frac{V}{l}x\right)\frac{1}{3600\,\gamma}\right]^2 \quad \ldots\ldots \quad 96.$$

oder, wenn man ftatt D (in Met.) d (in Centim.) einfetzt und die Zahlenwerte zufammenzieht,

$$\int_{p=p_2}^{p=p_1} dp = \frac{1{,}876}{\gamma\,d^5}\int_{x=0}^{x=l}\left(Q + \frac{V}{l}x\right)^2 dx,$$

fonach

$$p_1 - p_2 = \frac{1{,}876}{\gamma\,d^5}\left(Q^2 + QV + \frac{V^2}{3}\right)l \quad \ldots\ldots\ldots \quad 97.$$

Würde im Klammerausdruck diefer Gleichung ftatt $\frac{V^2}{3}$ der Wert $\frac{V^2}{4}$ ftehen, fo wurde ersterer $\left(Q + \frac{V}{2}\right)^2$ bedeuten. Nun ift $\frac{V^2}{3}$ um $\frac{1}{12}$ gröfser als $\frac{V^2}{4}$; V ift wohl immer kleiner als Q, alfo $\frac{V^2}{12}$ höchftens $\frac{1}{36}$ des gefamten Klammer-

[164]) Siehe: Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1887, S. 718.

wertes. Man wird daher unbedenklich den letzteren durch $\left(Q + \frac{V}{2}\right)^2$ erfetzen können, zumal, wenn man gleichzeitig ftatt der Vorziffer 1,876 die einfachere 1,9 einfetzt.

Der Spannungsabfall durch Reibungswiderftände, alfo derjenige eines geraden oder nach grofsen Krummungshalbmeffern gebogenen Rohres beträgt fomit

$$p_1 - p_2 = \frac{1{,}9\, l}{\gamma\, d^5}\left(Q + \frac{V}{2}\right)^2 \quad \ldots \ldots \ldots \quad 98.$$

Aus diefer Gleichung ift nun zu fehen, dafs man zu demfelben Ergebniffe gekommen fein würde, wenn man für die in der Leitung zu fördernde Dampfmenge deren Durchfchnittsbetrag, das arithmetifche Mittel der Anfangsmenge und der fchliefslich abgelieferten, in Rechnung gefetzt hätte.

Man gelangt auf gleichem Wege zu dem Ergebniffe, dafs auch die durch fchroffe Ablenkungen des Stromes entftehenden Widerftände — fofern diefe auf die ganze Länge l im wefentlichen gleichartig verteilt find — auf diefe mittlere Dampfmenge $Q + \frac{V}{2}$ bezogen werden können.

Diefe Widerftände (vergl. Art. 225, S. 183) betragen

$$\Sigma\xi \cdot \gamma \frac{v^2}{2g} \quad \text{oder:} \quad \frac{0{,}64}{\gamma\, d^4}\, \Sigma\xi \left(Q + \frac{V}{2}\right)^2, \quad \ldots \ldots \ldots \quad 99.$$

fonach die Gefamtwiderftände, indem man die Werte aus 98 u. 99 zufammenzahlt,

$$p_1 - p_2 = (1{,}9\, l + 0{,}64\, d\Sigma\xi)\, \frac{\left(Q + \frac{V}{2}\right)^2}{\gamma\, d^5} \quad \ldots \ldots \ldots \quad 100.$$

Hieraus leitet fich die am Ende zur Ablieferung gelangende Dampfmenge Q ab zu

$$Q = \sqrt{\frac{(p_1 - p_2)\,\gamma\, d^5}{1{,}9\, l + 0{,}64\, d\Sigma\xi}} - \frac{V}{2} \quad \ldots \ldots \ldots \quad 101.$$

Will man ftatt der ftündlich gelieferten Dampfmenge Q (in Kilogr.) mit der gleichwertigen Wärmemenge W rechnen, fo ift ftatt Q einzufetzen $\frac{W}{w}$, wenn w die Wärmemenge bedeutet, die 1 kg Dampf liefert (fiehe auch Kap. 12, unter c, 3).

d) Mittel zum Bewegen der Flüffigkeiten.

232. Mittel.

Die Bewegungswiderftände können überwunden werden, indem man abfichtlich den in Art. 227 (S. 185) erwähnten Auftrieb erzeugt, die lebendige Kraft der bewegten freien Luft, des Windes benutzt, gefpannte Flüffigkeiten mittels Strahler auf die zu bewegende Flüffigkeit wirken läfst, oder endlich, indem man fefte Flächen zum Fortfchieben der zu bewegenden Flüffigkeiten verwendet. Ein fünftes Mittel, welches zum Bewegen des Dampfes verwendet wird und lediglich in der erforderlichen Dampffpannung befteht, bedarf nur der Erwähnung.

1) Bewegen der Flüffigkeiten durch Auftrieb.

233. Auftrieb durch Er-, bezw. Entwärmung.

Der Auftrieb kann fowohl im pofitiven als auch im negativen Sinne gebraucht werden, indem durch Erwärmen der Flüffigkeit der pofitive Auftrieb, die nach oben treibende Kraft erzeugt wird, während durch Abkühlen der Flüffigkeit eine Kraft gewonnen wird, die zum Bewegen in niedergehender Richtung benutzt werden kann. Die Erwärmung, bezw. Abkühlung kann innerhalb derjenigen Temperaturen ftattfinden, welche eine Aenderung des Zufammenhangszuftandes der Flüffigkeit ausfchliefsen, oder fie kann bis zu deren Aenderung, fo dafs die elaftifche Flüffigkeit tropfbar wird oder umgekehrt, getrieben werden.

Vorerft mag die Rede fein von dem durch mäfsige Er-, bezw. Entwärmung hervorgebrachten Auftrieb.

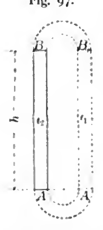
Nach Formel 76 u. 77 ift diefer

für Luft: $\mathfrak{A} = p = 0{,}004\ (t_2 - t_1)\ h$ . . . . 102.

» Waffer: $\mathfrak{A} = p = 0{,}004\ (t_2{}^2 - t_1{}^2)\ h$ . . . . 103.

Zu diefen Formeln gelangt man auch, wenn man den Kanal in Fig. 97 fich, wie durch Punktierung angedeutet, durch einen U-förmig gebogenen Kanal zu fog. »kommunizierenden Rohren« vervollftändigt denkt, bei denen die oberen Oeffnungen beider Kanalfchenkel unter gleichem Druck ftehen, fei es, dafs fie hier einem und demfelben Atmofphärendruck ausgefetzt find, fei es, dafs fie auch oben miteinander verbunden find.

Fig. 97.



Vermöge der Kraft $\mathfrak{A}$ wird, wenn $t_2 > t_1$ ift, die t_2 Grad warme Flüffigkeit emporfteigen und über den Rand B des Kanales oder des Rohres AB (Fig. 97) abfliefsen, während zu gleicher Zeit im Rohre $A_1 B_1$ oder dem diefes erfetzenden Raume die t_1 Grad warme Flüffigkeit niederfinkt. Soll diefer Umlauf dauernd erhalten bleiben, fo mufs offenbar bei A eine Erwärmung von t_1 auf t_2, bei B_1 eine Abkühlung von t_2 auf t_1 ftattfinden. Der betreffende Temperaturaustaufch kann längs eines gröfseren oder auch innerhalb eines fehr kleinen Teiles der Höhe h ftattfinden. Im letzteren Falle ift die in Rechnung zu ftellende Höhe h ohne weiteres zu finden; im erfteren Falle mufs fie noch gefucht werden.

Die Erwärmung erfolge bei A (Fig. 97) mittels einer Heizfläche ab (Fig. 98 u. 99). Die wärmeabgebende Flüffigkeit habe die Temperaturen T_1 und T_2, welche gröfser find als die Temperaturen t_1 und t_2 derjenigen Flüffigkeit, welche ab an der entgegengefetzten Seite berührt. Die Erwärmung der links von ab befindlichen Flüffigkeit möge nun durch die Fläche $abca_1$ dargeftellt fein, in welcher $aa_1 = t_1$, d. h. gleich der Anfangstemperatur, $bc = t_2$, d. h. gleich der Endtemperatur ift. Der Verlauf der Linie $a_1 c$ ift ein verfchiedener. Sobald die beiden wärmeaustaufchenden Flüffigkeiten in entgegengefetzter Richtung fich bewegen (Fig. 98, Gegenftrom), fo kann der Sonderfall eintreten, dafs $T_2 - t_1 = T_1 - t_2$ und in derfelben Weife der Temperaturunterfchied längs der ganzen Höhe h_1 unverändert bleibt; alsdann nimmt die Temperatur der links von ab auffteigenden Flüffigkeit für jeden Teil der Höhe h_1 derfelben Gröfse um gleich viel zu, d. h. die Linie $a_1 c$ wird eine Gerade. Ift bei Gegenftrom $T_1 - t_2 < T_2 - t_1$, fo fällt die Krümmung $a_1 c$ links; ift dagegen $T_1 - t_2 > T_2 - t_1$, fo fällt fie rechts der geraden Linie $a_1 c$.

Bei Gleichftrom (Fig. 99) ift der Temperaturunterfchied bei b immer kleiner als bei a, ebenfo, wenn T unverändert bleibt (Einftrom); folglich mufs in diefen

beiden Fällen die krumme Linie $a_1 c$ immer auf die linke Seite der geraden Linie fallen. Wenn man daher bei Berechnung des Auftriebes innerhalb der Höhe h_1

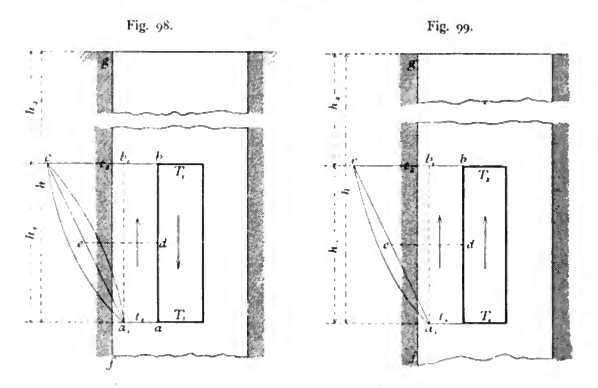


Fig. 98. Fig. 99.

annimmt, dafs $a_1 c$ mit der geraden Linie zufammenfällt oder die mittlere Temperatur, durch die Länge ed dargeftellt, gleich $\frac{t_1 + t_2}{2}$ fei, fo erhält man in den meiften Fällen einen kleineren Wert für die Gröfse des Auftriebes, als in Wirklichkeit eintritt; man gerät daher nur fehr felten in die Gefahr, den Auftrieb gröfser in Rechnung zu ftellen, als er wirklich ift. Im folgenden mag daher immer die mittlere Temperatur innerhalb h_1 zu $\frac{t_1 + t_2}{2}$, bezw. das Einheitsgewicht der in der Höhe h_1 befindlichen Flüffigkeit gleich

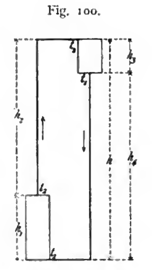


Fig. 100.

$$1{,}3 - 0{,}004 \frac{t_1 + t_2}{2} \text{ für Luft}$$

und

$$1000 - 0{,}004 \frac{t_1^2 + t_2^2}{2} \text{ für Waffer}$$

gefetzt werden. Für befondere Fälle wird man eine, beiläufig bemerkt, recht umftändliche Rechnung anwenden müffen.

Für die Berechnung des Gewichtes innerhalb der Höhe h_3 (Fig. 100), innerhalb welcher die Abkühlung von t_2 Grad auf t_1 Grad ftattfindet, ift das gleiche Verfahren anzuwenden, fo dafs für den Auftrieb, welcher der fchematifchen Anordnung in Fig. 100 eigen ift, folgender Ausdruck gewonnen wird. Für Luft:

$$\mathfrak{A} = h_3 \left(1{,}3 - 0{,}004 \frac{t_1 + t_2}{2}\right) + h_4 (1{,}3 - 0{,}004\, t_1) - h_1 \left(1{,}3 - 0{,}004 \frac{t_1 + t_2}{2}\right)$$

$$- h_2 (1{,}3 - 0{,}004\, t_2) = 0{,}004 \left[(h_1 - h_3) \frac{t_1 + t_2}{2} + h_2 t_2 - h_4 t_1\right],$$

und, da $h_1 - h_3 = h_4 - h_2$, endlich

$$\mathfrak{A} = 0{,}002\ (h_4 + h_2)(t_2 - t_1); \quad \ldots \ldots \quad 104.$$

für Waffer:

$$\mathfrak{A} = h_3\left(1000 - 0{,}004\ \frac{t_1^2 + t_2^2}{2}\right) + h_4\ (1000 - 0{,}004\ t_1^2) - h_1\left(1000 - 0{,}004\ \frac{t_1^2 + t_2^2}{2}\right)$$

$$- h_2\ (1000 - 0{,}004\ t_2^2) = 0{,}004\left[(h_1 - h_3)\ \frac{t_1^2 + t_2^2}{2} + h_2 t_2^2 - h_4 t_1^2\right]$$

$$\mathfrak{A} = 0{,}002\ (h_4 + h_2)(t_2^2 - t_1)^2 \quad \ldots \ldots \quad 105.$$

Erwähnenswert ift der befondere Fall, dafs $h_3 = h_1$, fomit $h_2 = h_4$ ift. Alsdann entfteht, wenn man $h_2 = h_4 = h =$ der lotrechten Entfernung der Mitten beider Flächen fetzt

$$\text{für Luft:} \quad \mathfrak{A} = 0{,}004\ h\ (t_2 - t_1) \quad \ldots \ldots \quad 106.$$

$$\text{» Waffer:} \quad \mathfrak{A} = 0{,}004\ h\ (t_2^2 - t_1^2) \quad \ldots \ldots \quad 107.$$

Ift alfo der wärmeabgebende Körper fo hoch wie der wärmeaufnehmende, fo ift als einzige Höhe die Entfernung der Mitten der in Frage kommenden Körper einzufetzen, wodurch die Rechnung wefentlich erleichtert wird.

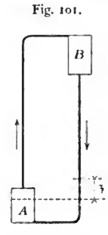
Nicht felten findet die Erwärmung fowohl als auch die Abkühlung nicht je an einer Stelle, fondern an mehreren aufeinanderfolgenden Orten ftatt. Alsdann find offenbar die Höhen weiter zu zerlegen, im übrigen fo zu verfahren, wie vorhin.

Das mit Hilfe der Gleichungen 104 bis 107 gewonnene $\mathfrak{A}$ ift nun der Summe der Widerftände gleichzufetzen, um die Bedingungen zu finden, unter denen der Auftrieb im ftande ift, die geforderte Bewegung hervorzubringen.

234. Auftrieb bei Dampfheizungen.

Eine befondere Art der Verwendung des Auftriebes kommt bei Dampfheizungen vor. Es bezeichne *A* (Fig. 101) den Dampferzeuger, *B* den Wärmeftrahler; der Dampf ftrömt nach oben, während das gebildete Waffer zum Dampferzeuger zurückkehrt. Im Rücklaufrohr wird nun notwendigerweife der Wafferfpiegel um eine Gröfse *z* höher ftehen als im Dampferzeuger, welche Gröfse ebenfo berechnet werden kann, wie der Auftrieb bisher berechnet wurde. Da jedoch das Gewicht des Dampfes gegen das Gewicht des Waffers verfchwindet, fo ift das einfachere Verfahren im Gebrauch und zuläffig, die Wafferfäule *z* (in Millim.) der Summe der Widerftände, welche beim Umlauf der Flüffigkeit auftreten, gleichzufetzen.

Fig. 101.



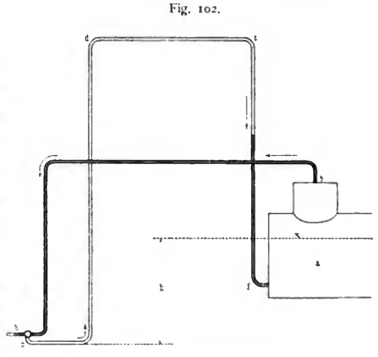
Zwifchen dem Auftriebe durch Erwärmen des Waffers unterhalb des Siedepunktes und dem anderen, bei welchem dem niederfinkenden Waffer eine fteigende Dampffaule gegenüberfteht, befindet fich eine Auftriebsart, welche hier angeführt werden mufs, da man von ihr zuweilen Gebrauch macht. Wenn man dem Waffer mehr Wärme zuführt, als zum Erwärmen bis zum Siedepunkt genügt, fo wird ein Teil des Waffers in Dampf verwandelt und dadurch ein Gemifch von Dampf und Waffer gebildet, welches leichter als Waffer ift. Hiervon machte *R. O. Meyer* Gebrauch[165]), indem er über dem Steigrohre eine Luftverdünnung hervorbrachte und an derfelben Stelle für das Niederfchlagen des Dampfes forgte. *Reck*[166]) führt in das fteigende Waffer Dampf ein, bedarf alfo der Druckminderung unter die Atmofphäre nicht. Viele andere Vorfchläge bezwecken Verbefferung diefer Verfahren.

165) Siehe: Zeitfchr. d. Ver. deutfch Ing. 1897, S. 1352.

166) Siehe ebendaf. 1902, S. 1363.

Dieſe Art des Auftriebes — Gemiſch von Waſſer und Dampf gegenuber Waſſer — wird auch zum Zurückführen des Niederſchlagswaſſers in den Dampfkeſſel in dem Falle verwendet, wenn erſteres von einem tiefer als der Waſſerſpiegel des Keſſels liegenden Punkte abgeführt werden muſs [167]).

Fig. 102.



Zurückführen des Niederſchlagwaſſers.

In Fig. 102 bezeichnet *a* den Dampfkeſſel, *x* ſeine Waſſerlinie, *bb* die Dampfleitung, *c* den tiefſten Punkt der letzteren, aus dem das Niederſchlagwaſſer abzuleiten iſt, *cdef* die hierzu dienende Leitung und *h* den zu überwindenden Höhenunterſchied. Das mitgeriſſene und durch Abkühlung entſtandene Waſſer entweicht bei *c* in Miſchung mit einer gewiſſen Menge Dampf. Dieſes Gemiſch ſteigt nach *d* empor. Von *d* nach *e* hat das Rohr ein mäſsiges Gefälle und iſt ganz oder zum Teile nackt, ſo daſs ſich der Dampf niederſchlägt und als Waſſer nach rechts abfließt. Letzteres bildet in *ef* eine Waſſerſäule, die, bei richtig gewählten Verhältniſſen, ſchwer genug iſt, um die Widerſtände in der Leitung *bbcdef* und den Höhenunterſchied *h* zu überwinden.

235. Benutzung des Auftriebes.

Der Auftrieb wird benutzt, um den in niedriger gelegenen Räumen erzeugten Dampf nach höher gelegenen zu fördern; er findet Anwendung zum Fortbewegen erwärmten Waſſers, deſſen Wärme man in höhergelegenen Räumen benutzen will; er iſt faſt immer die treibende Kraft, um die an Heizflächen erwärmte Luft dem zu erwärmenden Raume zuzuführen und die hier abgekühlte zu den Heizflächen zurückzuholen; er dient auch in vielen Fällen zum Herbeiführen des Luftwechſels.

Zu dem Ende kann man die friſche Luft erwärmen oder abkühlen, je nachdem die Temperatur des zu lüftenden Raumes höher oder niedriger als die des Freien iſt. Bei annähernd gleichen Temperaturen des Freien und des Zimmerinneren iſt der Auftrieb gering oder gleich Null, ſo daſs er hier die zuletztgenannte Verwendung nicht finden kann; gröſsere Temperaturunterſchiede bringen dagegen genügende Kräfte hervor. Man iſt ſonach in der Benutzung des Auftriebes, ſoweit er durch Temperaturänderung der Zuluft hervorgebracht wird, von den zufälligen Temperaturen des Freien abhängig, weshalb auf dieſem Wege keine zuverläſſige Lüftung hervorgebracht werden kann.

236. Sauglüftung.

Indem man die Abluft erwärmt und in einen entſprechend hohen Schlot treten läſst, kann man ohne Schwierigkeit einen Auftrieb erzeugen, welcher nicht allein die Widerſtände in dieſem Abführungskanal zu überwinden, ſondern auch die Spannung in dem betreffenden Raume ſo weit zu vermindern vermag, daſs der äuſsere Luftdruck die friſche Luft durch geeignete Kanäle eintreibt. Man nennt die lotrechten Schachte, welche den entſprechenden Auftrieb im vorliegenden Sinne hervorzubringen haben, Lüftungs- oder Lockſchornſteine,

[167]) Siehe: Zeitſchr. d. Ver. d. Ing. 1903, S. 1484 — und: *Journal of the Franklin Inſtitute* 1891, Oct., S. 241

wohl auch Saugeſſen oder Saugſchlote, und die Art des Lüftens Luftung durch Saugen oder Aſpiration. Von ihnen wird weiter unten eingehender die Rede ſein.

2) Bewegen der Luft durch den Wind.

237. Wertſchätzung dieſes Mittels.

Der Gedanke, die lebendige Kraft des Windes zum Hervorbringen des Luftwechſels zu benutzen (nur hierfür wird der Wind benutzt), liegt ſehr nahe; es erſcheint gleichſam ſelbſtverſtändlich, dieſes von der Natur koſtenfrei gelieferten Mittels ſich für Zwecke der Reinigung unſerer Häuſer zu bedienen, wie es zum Betriebe der Windmühlen und zum Forttreiben der Schiffe benutzt wird. Die Erinnerung an die beiden zuletzt genannten Verwendungsarten mahnt jedoch ſchon zur Vorſicht, indem die Dampfmaſchine in ſehr vielen, wenn nicht in den meiſten Fällen, ſobald alle Umſtände in Betracht gezogen werden, eine billigere Betriebskraft zu liefern vermag als der Wind.

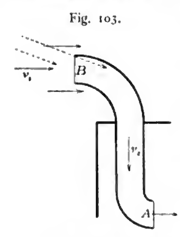
Wenn man beachtet, welche aufmerkſame Bedienung durch Menſchenhand erforderlich iſt, um die Unregelmäſsigkeiten des Windes für ſeine Benutzung bei Windmühlen und Segelſchiffen in erträglichem Maſse auszugleichen, eine Bedienung, welche ſeine Benutzung für Lüftungszwecke zu einer recht teueren macht; wenn man ferner bedenkt, daſs bei ſtarken Luftſtrömungen im Freien der zufällige Luftwechſel durch die Poren der Wände, in ſehr vielen Fällen wenigſtens, eine künſtliche Lüftung unnötig macht, bei ruhiger Luft aber die auf Benutzung des Windes begründeten Lüftungseinrichtungen verſagen — ſo bedarf es keiner eingehenden Ueberlegung, um zu erkennen, daſs der Wind für den vorliegenden Zweck nur in einzelnen Fällen ein willkommenes Mittel zum Bewegen der Luft ſein kann.

Aus dieſem Grunde werde ich nur eine kleine Auswahl einſchlägiger Einrichtungen beſchreiben, von ihrer rechnungsmäſsigen Behandlung aber ganz abſehen.

238. Einblaſen der Luft.

Die unmittelbarſte Benutzung des Windes zum Einblaſen der Luft, alſo zum Bewegen der Zuluft, findet ſtatt, indem man das Luftleitungsrohr AB (Fig. 103) mit ſeinem Ende B ſo gegen den Wind richtet, daſs die Windrichtung mit der Achſe des offenen Rohrendes zuſammenfallt. Würden der Bewegung der Luft im Rohre AB und ebenſo an der Mündung A keine Hemmniſſe bereitet, ſo würde die Geſchwindigkeit v_2 in der Leitung der Geſchwindigkeit v_1 des Windes gleich ſein. Die angedeuteten Hemmniſſe ſind jedoch vorhanden, ſo daſs zu ihrer Ueberwindung die lebendige Kraft $\frac{m v_1^2}{2} - \frac{m v_2^2}{2}$ verbraucht wird, wenn m die Maſſe der ſekundlich in Frage kommenden Luftmenge bedeutet. Somit muſs $v_2 < v_1$ ſein; folglich tritt den Widerſtänden noch der Druckverluſt durch Stoſs an der Mündung B des Rohres hinzu.

Fig. 103.

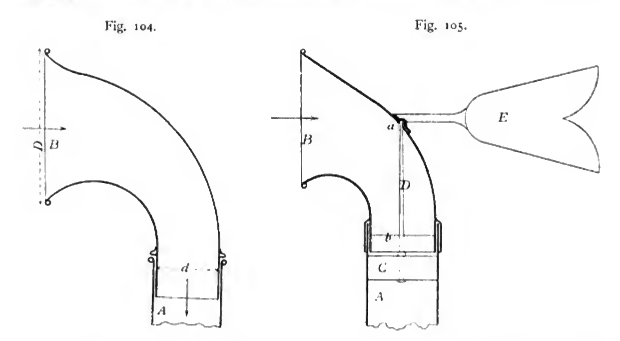


Um eine gröſsere Geſchwindigkeit v_2, als die durch Fig. 103 wiedergegebene Einrichtung geſtattet, hervorzubringen, erweitert man die Mündung B des Rohres trichterförmig, wie Fig. 104 erkennen läſst, ſo daſs der Unterſchied der lebendigen Kräfte nicht mehr $\frac{m}{2}\left(v_1^2 - v_2^2\right)$, ſondern $\frac{m_1 v_1^2}{2} - \frac{m_2 v_2^2}{2}$ wird, in welchem Ausdrucke m_1 die Maſſe der auf den Durchmeſſer D treffenden Luft, m_2 die Maſſe

derjenigen Luftmenge bezeichnet, welche die Rohrweite *d* durchftrömt. Die in Fig. 104 dargeftellte Form hat nebenbei noch den Vorteil, bei wechfelnder Neigung des Windes gegen die Wagrechte, welche (wie in Fig. 103 punktiert angedeutet) bei der erftgenannten Anordnung die Wirkfamkeit fchwächt, den Zutritt des Windes zu erleichtern.

Der trichterförmig erweiterte Kopf *B* ift im feften Rohre *A* drehbar, um die Mündung der wechfelnden Windrichtung folgen laffen zu können. Das entfprechende Einftellen erfordert regelmäfsige Beauffichtigung; man findet den Kopf in Fig. 104 deshalb faft nur auf Schiffen, wo das Richten des Kopfes feitens der Mannfchaft gelegentlich beforgt wird, und bei Eifenbahnzügen, deren Gefchwindigkeit meiftens gröfser ift als diejenige des Windes, fo dafs die hier zur Verwendung kommende gegenfätzliche Gefchwindigkeit der Luft angenähert der Fahrtrichtung entgegengerichtet ift, alfo das Einftellen des Kopfes nur felten erforderlich wird.

Fig. 104. Fig. 105.



Der Kopf, welchen Fig. 105 im lotrechten Schnitt darftellt, dreht fich felbfttätig nach dem Winde.

Zu dem Ende ift mit dem feften Rohre *A* der Steg *C* und die Spindel *D* feft verbunden. Der Kopf *B* ftützt fich mit Hilfe der Pfanne *a* auf die Spitze, mit Hilfe des Steges *b*, der in der Mitte eine geeignete Bohrung befitzt, am Fufs der Spindel, fo dafs er fich um *D* leicht zu drehen vermag. Die Fahne *E* wird feitens des Windes einfeitig getroffen, fofern die Mündung des Kopfes *B* der Windrichtung nicht gehörig entgegengefetzt ift, und dreht infolgedeffen den Kopf in die richtige Lage.

239. Abfaugen der Luft.

Das Abfaugen der Luft findet mit Hilfe ähnlicher Köpfe ftatt.

Beim Kopfe in Fig. 106 ift die Mündung *B* des Luftrohres *AB* vom Winde abgerichtet. Indem der Wind rings um den Rand in feiner bisherigen Richtung hervorftrömt, reifst er die hinter der Mündung *B* (nämlich bei *C*) befindliche Luft mit fich und verringert hierdurch den Druck vor der Mündung, fo dafs der Druck am entgegengefetzten Ende der Leitung die Luft durch die Leitung treibt. Infolge des Zufammentreffens der mit der Gefchwindigkeit v_2 die Mündung *B* verlaffenden Luft mit dem Winde, welcher fich mit der gröfseren Gefchwindigkeit v_1 bewegt, entftehen, aufser der beabfichtigten Wirkung, Wirbelungen, die zu Verluften an lebendiger Kraft führen und die Leiftung beeinträchtigen. Letztere hängt, wie leicht zu überfehen, nicht allein von der Gröfse der Gefchwindigkeit v_1 und dem foeben erwähnten Verluft durch Wirbelungen, fondern auch von der Gröfse der Berührungsfläche zwifchen bewegter und zu bewegender Luft ab.

Der Kopf in Fig. 106 dreht fich felbfttätig nach der Windrichtung. Zu dem Ende ift an dem Kopf eine Spindel *ab* befeftigt, deren unteres Ende am Boden, deren obere Rundung im oberen Ende des mit dem feften Rohre *A* verbundenen engen Rohres *c* Stützung findet. Die Spitze *d* nebft deren Verbindungsftück dient zur Gewichtsausgleichung des drehbaren Kopfes, fo dafs die Reibung der Spindel im Halslager eine möglichft geringe ift.

240. Drehbare Luftfauger.

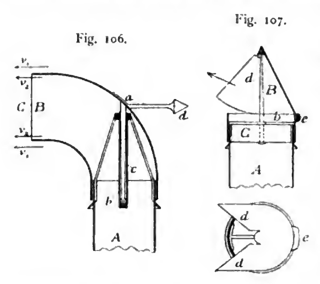


Fig. 106. Fig. 107.

Fig. 107 ftellt einen anderen drehbaren Saugkopf im Grundrifs und lotrechten Schnitt dar. Hier befteht der drehbare Kopf *B* aus einem Blechkegel, deffen Wand, nachdem man zwei wagrechte und einen lotrechten Schnitt in ihr angebracht hat, aufgebogen ift, fo dafs diefe Wandteile *d,d* mit der Windrichtung gleichlaufend find. Im feften Rohre *A* ift, mit Hilfe des Steges *C*, eine Spindel befeftigt, deren Spitze den drehbaren Kegel *B* an deffen Spitze und deren unterer runder Teil, unter Vermittelung des Steges *b*, die Grundlinie des Kegels ftützt und führt. *e* bezeichnet ein Gegengewicht zur Ausgleichung des durch das Ausbiegen der Lappen *d,d* einfeitig gewordenen Gewichtes des drehbaren Kegels.

Unter vielen ähnlichen Saugköpfen nenne ich hier noch diejenigen von *Reder*[168]) und von *Banner*[169]).

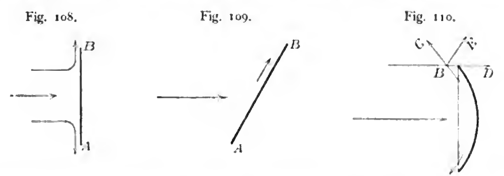
241. Unbewegliche Saug- und Blasköpfe

Die drehbaren Saug- und Einblasköpfe leiden an grofser Abnutzung, da fie faft ausnahmslos den Unbilden der Witterung ausgefetzt find. Namentlich werden die Zapfen und Lager fehr bald ausgefchliffen. Man hat deshalb die Zapfen und Lager häufig aus Glas oder Quarz angefertigt, dadurch aber den Preis der Köpfe nicht unwefentlich erhöht. Diejenigen Köpfe, welche ohne bewegliche Teile find, jedoch ähnliches leiften wie die drehbaren Köpfe, werden daher im allgemeinen vorgezogen; man bezeichnet fie häufig mit dem Namen Deflektoren, auch Ein-, bezw. Auslenker.

Sie haben die Aufgabe, die Windrichtung fo abzulenken, dafs diefe entweder blafend oder faugend zu wirken vermag.

Ein Luftftrom, welcher winkelrecht gegen eine ebene Fläche *AB* (Fig. 108) ftöfst, verliert feine Gefchwindigkeit in feiner bisherigen Bewegungsrichtung; die

Fig. 108. Fig. 109. Fig. 110.



lebendige Kraft verwandelt fich in Druck, welcher die Luft nach allen Seiten längs der ebenen Platte *AB* fortfchiebt. Diefe Ablenkungsart wird für viele Saugköpfe benutzt, indem man den Windftrom winkelrecht gegen eine ebene Fläche wie in

[168]) Vergl.: Reder. Notizbl. d. Arch- u. Ing.-Ver. für Hannover 1854, S. 307.

[169]) Siehe: *Iron*, Bd. 8, S. 424; Bd. 15, S. 307.

Fig. 108, geneigt gegen eine ſolche wie in Fig. 109, oder gegen erhabene oder hohle Flächen, wie in Fig. 110, führt. Vielfach wird jedoch die Saugwirkung an den Rändern der Flächen überſchätzt; in dem Falle von Fig. 110 bewegt ſich die auf die

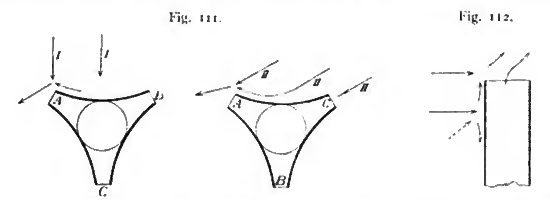
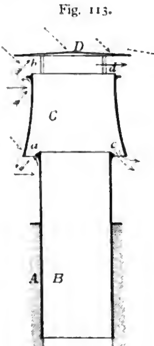


Fig. 111. Fig. 112.

Fläche AB treffende Luft zwar zunächſt längs der Fläche, z. B. nach dem Punkte B; infolge anderer Windteile, welche am Rande der in Rede ſtehenden Fläche vorbeizuſtrömen ſuchen, wird aber die Richtung abgelenkt.

Die Saugwirkung des dreieckigen Kopfes, deſſen Einrichtung die wagrechten Schnitte in Fig. 111 verſinnlichen, iſt daher ziemlich gering, ſolange der Wind ihn im Sinne der Pfeile I trifft, indem an den Spalten A und B der Wind nur in ungünſtiger Weiſe zu ſaugen vermag. Die Pfeilrichtung II beeinflufst die Spalten A und B in vorteilhafterer Art, während durch den Spalt C geradezu Luft eingeblaſen wird. Der in Rede ſtehende Saugkopf, ſowie ſeine Abarten ſind ſonach wenig zu empfehlen; ich begnüge mich daher, in Bezug auf derartige Köpfe auf die untenangezogene Quelle[170]) zu verweiſen.

Fig. 113.



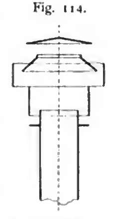
Luftſauger von *Wolpert.*

Vorteilhafter iſt die Wirkung des einfachen, auſsen glatten Rohres (Fig. 112), ſolange der Wind winkelrecht oder gegen das lotrechte Rohr in ſteigender Richtung trifft.

Iſt die Windrichtung jedoch nach unten geneigt, ſo hört die Saugwirkung bald auf (bei 22 Grad gegen die Wagrechte), und bei weiterer Vergröſserung des Winkels bläſt der Wind in das Rohr. Das einfache Rohr iſt ferner mit dem Mangel behaftet, daſs es keinerlei Schutz gegen das Einfallen des Regens gewährt.

Der *Wolpert*-Sauger (Fig. 113) iſt mit einem Dach D verſehen, welches gleichzeitig den Regen abhält und fallende Luftſtröme ablenkt, letzteres in dem Grade, daſs die von oben fallende Luft am vorteilhafteſten wirkt. Aber auch bei wagrechter Luftſtrömung wirkt er befriedigend, wenn auch nicht ſo vorteilhaft als das einfache Rohr (Fig. 112). Bei ſchräg nach oben gerichtetem Winde verſagt er.

Fig. 114.


Aeolus-Sauger.

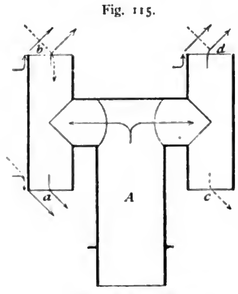
Der Aeolus-Sauger (Fig. 114) paſst für alle Windrichtungen und iſt regendicht.

Das einfache Rohr iſt in der Zuſammenſtellung, welche Fig. 115 wiedergibt, ebenfalls zur Benutzung geneigt fallenden Windes geeignet. Dieſer Sauger iſt von *H. Krigar* in der Form

170) BOYLE. *Iron,* Bd. 11, S. 552 — ferner: BANNER. *Iron,* Bd. 13, S 308.

hergeftellt worden, dafs rings um das Mittelrohr *A* eine gröfsere Zahl oben und unten offener Rohre angebracht find[171]). Verfuche über die Leiftungsfähigkeit der Sauger find von *Wolpert*[172]) und in gröfserer Ausführlichkeit von *H. Rietfchel*[173]) ausgeführt worden. Die letztere Quelle enthält auch Angaben über verfchiedene andere Sauger.

Fig. 115.



Luftfauger von *Krigar.*

Die befprochenen Köpfe vermitteln entweder das Einblafen oder das Ausfaugen der Luft. Es mufs aber ebenfoviel Luft aus einem Raume abgeführt werden, als in denfelben eingeleitet wird. Die Mittel, welche die Luftbewegung fo einfeitig beeinfluffen wie die vorhin befchriebenen Saug- und Blasköpfe, vermitteln die andere Aufgabe dadurch, dafs fie im zugehörigen Raume eine niedrigere oder höhere Spannung als diejenige der freien Luft hervorbringen und vermöge des Spannungsunterfchiedes das Zu- oder Abfliefsen der Luft veranlaffen.

Man hat auch folche Einrichtungen gefchaffen, welche fowohl das Zuführen als auch das Abführen der Luft unmittelbar beforgen.

Fig. 116.

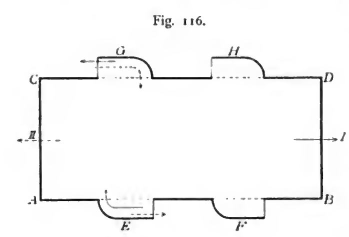
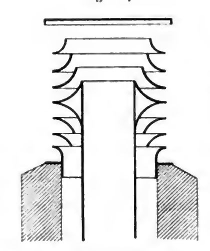


Fig. 116 ift ein wagrechter Schnitt durch eine derartige, auf einen Eifenbahnwagen gefetzte Haube. An den lotrechten Langfeiten *AB* und *CD* der Haube find Tafchen *E, F, G, H* angebracht, deren Hohlräume mit dem Inneren der Haube oder des Wagens vermöge vergitterter Oeffnungen in Verbindung ftehen. Sofern nun der Wagen in der Richtung des (ausgezogenen) Pfeiles *I* fich bewegt, fo wird die Luft durch die Tafchen *E* und *F* eingeblafen, während an den Oeffnungen der Tafchen *G* und *H* eine Saugwirkung eintritt. Die Bewegungsrichtung *II* (punktiert) des Wagens veranlafst das Saugen an den Tafchen *E* und *F* und das Einblafen durch die Tafchen *G* und *H*.

Fig. 117.



Saugkopf von *Römheld.*

Römheld's Kopf[174]) ftellt Fig. 117 in lotrechtem Schnitt dar.

Der untere Teil dient zum Einblafen der Luft; fie bewegt fich in einem Kanal ringförmigen Querfchnittes nach unten; der obere Kopfteil vermittelt gleichzeitig das Abfaugen durch das Mittelrohr.

Huber's Saug- und Blaskopf[175]) ift mit dem befchriebenen nahe verwandt.

Angefichts der fchon erwähnten geringen Ver-

[171]) Siehe: Hannov. Wochbl. f. Handel u. Gewbe. 1880, S. 372.
[172]) Siehe: Zeitfchr. f. Biologie 1877, S. 406.
[173]) Siehe: Gefundh.-Ing. 1906, S. 473.
[174]) Siehe: Deutfche Bauz. 1884, S. 331.
[175]) Siehe: Gefundh.-Ing. 1883, S. 471.

läfslichkeit der befprochenen Mittel zur Bewegung der Luft verdienen fie nicht die Beachtung, welche ihnen oft gefchenkt wird.

Literatur

über »Saug- und Blasköpfe«.

REDER. Effenkopf. Notizbl. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1854, S. 307. Polyt. Centralbl. 1854, S. 850. Polyt. Journ., Bd. 133, S. 98.

MUIR, G. W. Der Vier-Richtungs-Ventilator *(Four-pointed-Ventilator)*. Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1859, S. 21.

KNOBLAUCH. Schornftein-Auffatz von *Peters* zur Abführung des Rauches unabhängig von Wind und Luftftrömungen. Zeitfchr. f. Bauw. 1860, S. 620.

FISHER. Schornfteinkappe. *Engineer*, Bd. 11, S. 5.

Ueber die Formen der Schornfteine und Schornfteinkappen. HAARMANN's Zeitfchr. f. Bauhdw. 1862, S. 43.

Le cone préfervateur. Appareil gradué fervant à coiffer les faites de cheminée. Revue gén. de l'arch. 1862, S. 19.

Schornfteinköpfe, Kappen. *Builder* 1862, S. 96.

GRÄFF. Schornfteinauffätze. Polyt. Centralbl. 1863, S. 772.

ELBERG. Schornfteinköpfe zur Erhaltung des Zuges bei regnerifchem und windigem Wetter. *Scient. American*, Bd. 7, S. 384.

SWEET. Schornfteinauffatz zur Verhinderung des Rauchens. *Scient. American*, Bd. 10, S. 264.

HASE. Ueber den *Muir*'fchen Lüftungsapparat. Zeitfchr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1866, S. 225.

BERNE. Schornfteinauffatz. *Engineer*, Bd. 21, S. 213.

EULER, F. *Wolpert*'s Rauch- und Luftfauger. Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1869, S. 323.

WOLPERT. Verbefferung der Feuerungs-, Ventilations- und Beleuchtungs-Apparate durch den Rauch- und Luftfauger. Zeitfchr. d. bayer. Arch.- u. Ing.-Ver. 1869, S. 54. HAARMANN's Zeitfchr. f. Bauhdw. 1869, S. 156.

WOLPERT. Rauch- und Luftfauger für Schornfteine, Laternen etc. Mafch.-Conft. 1869, S. 219. Polyt. Centralbl. 1869, S. 855.

Schornfteinkappen. Deutfche Bauz. 1867, S. 53; 1868, S. 135, 347; 1870, S. 113.

JACKSON's *chimney terminal. Engineer*, Bd. 29, S. 49.

FISCHER, H. Ueber Schornfteinauffätze. Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1872, S. 219.

WEIGELIN. Ueber Schornfteinauffätze. Polyt. Centralbl. 1875, S. 415.

WOLPERT, A. Ueber Windkappen für Schornfteine, Ventilationsröhren und Laternen. Zeitfchr. d. bayer. Arch.- u. Ing.-Ver. 1876—77, S. 3.

WOLPERT, A. Ueber die faugende Wirkung des Windes an Rohrmündungen und Rohrauffätzen. Zeitfchr. f. Biologie 1877, S. 406.

Neuer Schornftein-Auffatz. Deutfche Bauz. 1878, S. 164; 1881, S. 116.

Ueber Schornfteinauffätze von G. HEGER, HAMILTON, HEINR. FISCHER und KALLENSEE. Polyt. Journ., Bd. 250, S. 325.

VOGDT. *Hanel*'s neuer Schornfteinauffatz. Polyt. Journ., Bd. 228, S. 376.

KRIGAR, H. Rauch- und Luftfauger (Schornfteinauffatz). Polyt. Journ., Bd. 231, S. 328.

Ueber Schornfteinauffätze zur Verhütung des Rauchens der Zimmeröfen, für Ventilationszwecke etc. Hannov. Wochbl. f. Handel u. Gwbe. 1880, S. 370.

New chimney cap and ventilator. Scient. American, Bd. 43, S. 275.

BOYLE's *chimney cowl. Iron*, Bd. 16, S. 399. *Building news*, Bd. 39, S. 614.

Einfacher Kaminhut. Baugwks.-Ztg. 1881, S. 587.

BARTLETT's Schornfteinhut. Polyt. Journ., Bd. 239, S. 115.

Ueber die Ausmündung der Rauch- und Ventilations-Rohre und deren Abdeckung. Deutfche Bauz. 1883, S. 174.

Ventilations-Apparat für Eifenbahnwagen. Gefundh.-Ing. 1883, S. 53.

Ein Angriff auf die Ventilationskappen. Gefundh.-Ing. 1883, S. 107.

Neue Schornftein-Abdeckung. Deutfche Bauz. 1884, S. 24. Wochbl. f. Arch. u. Ing. 1884, S. 10. Baugwks.-Ztg. 1884, S. 28.

Bernau, E. Schornftein-Abdeckung. Deutfche Bauz. 1884, S. 99.

Schornftein-Abdeckung. Baugwks.-Ztg. 1884, S. 261.

Rauchhut von J. Keidel. Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1885, S. 170.

Schornftein-Aufbaue. Haarmann's Zeitfchr. f. Bauhdw. 1885, S. 21.

Verfuche mit Luftfaugern. Centralbl. d. Bauverw. 1891, S. 523.

Ventilations- und Schornftein-Auffatz. Centralbl. d. Bauverw. 1895, S. 456.

Auffatz für Schornfteine u. f. w. Centralbl. d. Bauverw. 1895, S. 448.

Schornfteinauffatz mit durch Zugftangen zwangläufig miteinander verbundenen Klappen. Centralbl. d. Bauverw. 1898, S. 372.

Schornfteinauffatz. Centralbl. d. Bauverw. 1898, S. 12.

Schornfteinauffatz. Centralbl. d. Bauverw. 1900, S. 548.

Drehbarer, mit Windflügel verfehener Schornfteinauffatz. Zentralbl. d. Bauverw. 1907, S. 182.

3) Strahlvorrichtungen oder Strahler.

242. Strahler für Wafferbewegung.

Es ift vorgefchlagen worden, die Bewegung des Waffers der Wafferheizungen durch Dampfftrahlbläfer hervorzurufen. Der Vorfchlag dürfte indeffen von nur geringem Wert fein, da, wenn man überhaupt gefpannten Dampf zur Verfügung hat, diefer zur unmittelbaren Ueberführung der Wärme an die einzelnen Heizkörper mehr geeignet ift als das durch den Dampf erwärmte Waffer.

243. Strahler für Luftbewegung.

Anders ift es mit Luft-, Dampf- und Wafferftrahlbläfern zur Bewegung der Luft. Erftere wurden zuerft im grofsen für die Parifer Weltausftellung des Jahres 1867 von *Piarron de Mondéfir* ausgeführt und haben fpäterhin wiederholt Verwendung gefunden [176].

Mondéfir führt z. B. mittels des Rohres A (Fig. 118) die gefpannte Luft zur Düfe a. Der gebildete Luftftrahl trifft auf die Luft des Rohres B und veranlafst diefes, fich in der Richtung des Luftftrahles mitfortzubewegen. Von der gefpannten Luft gebraucht man weniger als von der ungefpannten; aufserdem nimmt die erftere einen verhältnismäfsig kleineren Raum ein und geftatten die Pumpen, die zum Hervorbringen der Spannung dienen, diefe fo zu fteigern, dafs gröfsere Bewegungshinderniffe, alfo gröfsere Gefchwindigkeiten im Rohrnetz der gefpannten Luft zuläffig werden. Alles zufammengenommen ermöglicht kleine Querfchnitte für das foeben genannte Rohrnetz; man vermag daher von der Betriebsftelle aus verhältnismäfsig bequem die Betriebskraft auf eine grofse Zahl von Stellen zu verteilen; man vermag an diefen Stellen Luft des Freien einzufaugen oder gebrauchte Luft auszuwerfen, alfo trotz gemeinfchaftlicher Triebkraft das Kanalnetz für die Luft-Ab- und -Zuleitung in einzelne kürzere Teile zu zerlegen.

Fig. 118.

Wegen der Leitungswiderftände ift die Spannung der Treibluft in den verfchiedenen Strahlbläfern eines und desfelben Gebäudes verfchieden. Man fchaltet deshalb Hähne, Ventile oder ähnliche Droffelmittel in das Rohrnetz, um die Endfpannungen auszugleichen.

---

176) Vergl.: Piarron de Mondésir & Lehaitre. *Communication relative à la ventilation par l'air comprimé.* Paris 1867 — ferner: Piarron de Mondésir. *Ventilation par l'air comprimé.* Paris 1876 — endlich: Polyt Journ., Bd. 222. S. 16. — *Bulletin de la fociété induftrielle de Mulhoufe* 1877, S. 5 — *Scient. American* 1880, Febr., S. 86. — Deutfche Bauz. 1867, S. 481. — Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1868, S. 46. — *Iron*, Bd. 19, S. 639; Bd. 20, S. 1.

Die *Green*'fchen Düfen (Fig. 119[177]) haben die Aufgabe, die Regelung der Spannung felbftändig zu vermitteln. Das Rohr *C* führt die gefpannte Luft in den Düfenkopf *B*. Vermöge der Luftfpannung wird der Körper *d*, welchen die in der Hülfe *A* untergebrachte Feder in der gezeichneten Stellung zu erhalten fucht, nach oben gefchoben, wodurch ein freier Spalt zwifchen der Mündung des Düfenkörpers *B* und dem nach unten fich verjüngenden Körper *d* entfteht. Diefer Spalt geftattet der gefpannten Luft, mit grofser Gefchwindigkeit auszuftrömen und die im Rohr *D* befindliche Luft nach *E* zu fchleudern. Je gröfser die Spannung der Luft in *B* ift, umfomehr wird *d* nach oben gefchoben, alfo umfo breiter der Spalt. Mit Hilfe der veränderlichen Federfpannung vermag man aber dem gegen *d* wirkenden Luftdruck einen veränderlichen Widerftand entgegenzufetzen, d. h. man vermag die Luftausftrömung den Verhältniffen anzupaffen.

Fig. 119.

Düfe von *Green*[177]).

Lediglich zum Abfaugen der Luft ift das *Körting*'fche Strahlgebläfe[178]) verwendbar. Es ift indes zu geräufchvoll, als dafs es für Wohnräume, Verfammlungsfäle u. f. w. verwendbar wäre. Für die Lüftung der Bergwerke foll es häufig gebraucht werden.

Wafferftrahlbläfer zum Bewegen der Luft find für kleinere Verhältniffe verwendet worden[179]); ihre Nutzleiftung ift gering, weshalb ihr Gebrauch nur gerechtfertigt werden kann, wenn man gleichzeitig Luftanfeuchtung beabfichtigt.

4) Bewegen durch fefte Flächen.

244. Flügelbläfer.

Die Zylinder- oder Kolbenbläfer finden für die Zwecke der Heizung und Lüftung höchft felten Verwendung; ebenfo die Kapfelbläfer; fie können daher hier übergangen werden. Dagegen wird häufig von den Flügelbläfern Gebrauch gemacht.

Für kleine Drücke p (etwa bis 8 kg für 1 qm aufwärts) find die Windflügel oder Schraubenbläfer (Fig. 120) zu empfehlen.

Die Flügel find fchräg gegen die Drehachfe geftellt oder haben, was zweckmäfsiger ift, die fchraubenförmige Geftalt. Indem die Flügel gegen die Luft drücken, veranlaffen fie die letztere, winkelrecht gegen die Flügelfläche auszuweichen, welche Bewegung *ab* zerlegt werden kann in die nützliche *ac*, deren Richtung der Drehachfe gleichlaufend ift, und in die fchädliche *ad*, welche winkelrecht zur Drehachfe auftritt und die Reibung der Luft erheblich vermehrt. Behufs Ausbeutung der ganzen Gefchwindigkeit hat man mit Vorteil Leitfchaufeln angewendet[180]).

Fig. 120.

Fig. 121.

Die Gefchwindigkeit der Flügel ift in der Nähe der Drehachfe erheblich geringer als in gröfserem Abftand von letzterer. Um die hieraus entftehende Ungleichheit der Wirkung zu mindern, wählt man die durch Fig. 121 angegebene Einrichtung.

Die kurzen Flügel *A* fitzen auf dem Umfang einer Trommel, die mit Hilfe von Armen an der Welle *B* befeftigt ift. Ein Drehkörper *C* lenkt die Luft allmählich den Flügeln *A* zu und

177) *Scient. American*, Bd. 42, S. 86.

178) Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1875, S. 662.

179) D. R.-P. Nr. 13492 u. 14827.

180) Siehe: Verh. d. nieder-öft. Gwbver. 1862, S. 359. — Mitth. d. Gwbver. f. Hannover 1862, S. 313.

vermindert hierdurch die Luftwirbelungen und die mit diefen zufammenhängenden Verlufte. Der Mantel D, welcher nicht felten aus Mauerwerk gebildet ift, umfchliefst die Flügel, natürlich möglichft eng.

245. Schleuderbläfer.

Für gröfsere Drücke p (bis 150 kg für 1 qm aufwärts) dürfte der Schleuderbläfer oder der Zentrifugalventilator (Fig. 122 u. 123) unbedingten Vorzug vor dem vorhingenannten verdienen.

Fig. 122.

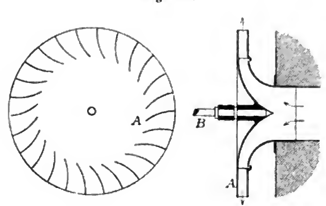
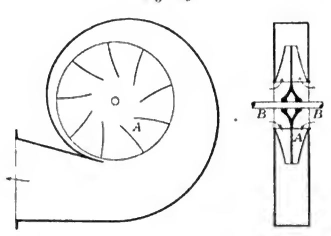


Fig. 123.



Die Luft ftrömt in der Richtung der Drehachfe B ein, durchftrömt das Flügelrad A bis zu feinem Umfang und gelangt in tangentialer Richtung zum Abflufs. Diefe mehrfache Richtungsänderung des Luftftromes verurfacht nicht unerhebliche Verlufte infolge der entftehenden Wirbel, welche Verlufte jedoch gegenüber der in Frage kommenden gröfseren Preffung weniger in das Gewicht fallen.

Die erforderliche Betriebskraft der Flügelgebläfe ift für befte Einrichtungen, wenn N die Zahl der Pferdeftärken, $\mathfrak{L}$ die ftündlich geförderte Luftmenge (in Kilogr.) und p den erzielten Ueberdruck (in Kilogr.) für 1 qm bezeichnet:

$$N = \frac{1}{100\,000} \mathfrak{L} p \quad . \quad . \quad . \quad 108.$$

Da die Anwendung der Bläfer befondere Mafchinenanlagen bedingt, das Hinzuziehen eines Mafchinenkundigen beim Entwurf einer derartigen Anlage daher unerläfslich ift, fo darf ich mich darauf befchränken, in Bezug auf weitere Rechnungen und Einrichtungen auf die unten genannten Quellen zu verweifen [181]).

Zu erwähnen find an diefer Stelle noch die Flugelbläfer oder Flügelfauger, auf deren Achfe ein von der Wafferleitung zu betreibendes Kreifelrad angebracht ift. Ihnen ift eine weit gröfsere Nutzleiftung als den Wafferftrahlbläfern eigen; dabei läfst fich die Luftanfeuchtung mit ihnen regelbar verbinden [182]).

e) Meffen der Gefchwindigkeit bewegter Flüffigkeiten.

246. Verfahren.

Es ift nicht felten erwünfcht — fei es, um die Tätigkeit einer Heizungs- und Lüftungsanlage zu beobachten, fei es, um ihren Betrieb regeln zu können — Kenntnis von den Gefchwindigkeiten zu erhalten, mit denen die Flüffigkeiten fich in den betreffenden Leitungen bewegen. Die hierzu erforderlichen Meffungen erfolgen auf drei verfchiedenen Wegen, indem entweder beftimmt wird, welcher

[181]) WEISSBACH, J. Lehrbuch der Ingenieur- und Mafchinen-Mechanik. Theil III. 2. Aufl. von G. HERMANN. Braunfchweig 1876—79.
RITTINGER. Centrifugalventilatoren und Pumpen. Wien 1858.
FINK, C. Theorie und Conftruction der Brunnen-Anlagen, Kolben- und Centrifugalpumpen, der Turbinen, Ventilatoren und Exhauftoren. 2. Aufl. Berlin 1878.

[182]) D. R.-P. Nr. 24 445. — Siehe auch: Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1883, S. 605.

Flüssigkeitsraum in einer bestimmten Zeit die Rohrleitung durchfliesst und aus diesem auf die Geschwindigkeit geschlossen wird, oder indem der Druck, welchen die bewegte Flüssigkeit auf eine feste Fläche ausubt, als Mass der Geschwindigkeit dient, oder endlich indem die Geschwindigkeit auf die Flügel eines Rades, dessen Umdrehungszahl die Grösse der Geschwindigkeit ausdrückt, übertragen wird.

1) Uebertragen der Geschwindigkeit auf die Flügel eines sich drehenden Rades.

247. Flügelrad.

Ein Rädchen mit schraubenförmig gebogenen Flügeln wird dem Flussigkeitsstrome so ausgesetzt, dass die Richtung des letzteren mit der Drehachse des Rädchens zusammenfällt.

An irgend einem Punkte der um ς von der Drehachse entfernt liegt, treffe die Flüssigkeit mit der Geschwindigkeit V unter dem Winkel α auf einen der Flügel; alsdann muss, wenn ein Stoss vermieden werden soll,

$$V = \frac{\varsigma}{\operatorname{tg} \alpha} \frac{\pi}{30} n$$

sein; n bedeutet die Zahl der Umdrehungen des Rades in der Minute. Für ein und dasselbe V soll selbstverständlich dasselbe n erhalten werden; sonach muss, da $\frac{\pi}{30}$ unveränderlich ist, auch $\frac{\varsigma}{\operatorname{tg} \alpha}$ eine unveränderliche Grösse sein, d. h. die Flügel des Rädchens sind schraubenförmig zu gestalten.

Die Gleichung für Gewinnung der Geschwindigkeit hat hiernach die Gestalt, wenn $\mathfrak{A}$ eine von der Konstruktion des Rädchens abhängende unveränderliche Zahl bedeutet,

$$V = \mathfrak{A}\, n .$$

Der Bewegung des Rädchens stehen Widerstände entgegen (Zapfenreibung, Reibung der Zählwerke u. s. w.), deren Ueberwindung Arbeit erfordert. Das Flügelrädchen dreht sich daher langsamer, als die zuerst gegebene Formel bestimmt, so dass die Flüssigkeit sich vor den Flügeln ein wenig anstaut. Die genannte Arbeit steht nicht in geradem Verhältnis zur Umdrehungszahl des Rädchens; man hat daher der obigen Formel die Gestalt

$$V = a + b n + c n^2 + \ldots$$

gegeben und bestimmt für jedes Gerät die Werte $a, b, c \ldots$ durch Versuche. In der Regel benutzt man nur die beiden ersten Glieder der letztgenannten Formel zur Bestimmung von V, was zulässig ist, da die Widerstände sich mit der Zeit ändern, also niemals genau berücksichtigt werden können.

Alle Wirbelungen der Flüssigkeiten stören die richtige Drehung des Rädchens, weshalb dessen Verwendung nur in geraden Kanal- oder Rohrstrecken zulässig ist. Ebenso müssen die Gestellteile des Rädchens so gestaltet sein, dass sie möglichst wenig zur Hemmung des Flüssigkeitsstromes beitragen — in dieser Beziehung werden oft recht grobe Fehler gemacht — und die beobachtenden Personen sich in demselben Sinne aufstellen. Letztere Forderung bedingt, dass man das Zählwerk aus grösserer Entfernung mit dem Rädchen in Verbindung bringen oder es ausschalten kann, was entweder durch Benutzung einer Zugschnur oder besser durch einen Elektromagnet geschehen kann.

248. Anemometer.

Auf dem Gebiete des Heizungs- und Lüftungswesens benutzt man das sich drehende Flügelrädchen nur zum Messen der Luftgeschwindigkeit. Letzere ist selbst in einem sehr regelmässig gestalteten Kanal nicht gleich; ein und derselbe Querschnitt lässt vielmehr an verschiedenen Stellen sehr verschiedene Geschwindigkeiten erkennen, wobei keineswegs immer in der Mitte des Querschnittes der grösste Wert

gefunden wird. Eine einigermafsen zuverläffige Beobachtung erfordert deshalb das gleichzeitige Aufftellen mehrerer folcher Windrädchen, fog. Anemometer, oder eine dauernd gleichmäfsige Bewegung der Luft, fo dafs man Zeit hat, das eine oder die wenigen verfügbaren Windrädchen nacheinander an verfchiedenen Punkten eines Querfchnittes aufzuftellen. Es liegt auf der Hand, dafs das erftere Verfahren weit mehr Zutrauen verdient als das letztere, weil es nahezu unmöglich ift, für längere Zeit einen gleichförmigen Betrieb einer Anlage zu erhalten.

Robinfon's Gefchwindigkeitsmeffer, welcher aus vier mittels Arme an einer leicht drehbaren Welle befeftigten halbkugelförmigen Schalen befteht und dadurch in Umdrehung verfetzt wird, dafs der Wind gegen die hohlen Flächen der Schalen einen gröfseren Druck ausübt als gegen die erhabenen, ift für die vorliegenden Zwecke nicht zu verwenden.

Von den fog. Anemofkopen, welche vorwiegend die Richtung, weniger die Gefchwindigkeit der Luftbewegung erkennen laffen follen, find zu nennen: an feinen Fäden aufgehängte Federn, Baumwollbäufchchen oder ähnliche leichte Gegenftände, kleine mit Gas gefüllte Bälle, Rauch. Der Rauch einer Zigarre ift nicht allein ein fehr brauchbares, fondern auch wenig beläftigendes Mittel zur Erkennung fchwacher Luftftrömungen [183]; Pulverrauch empfiehlt fich zur Beobachtung gröfserer Luftmengen.

2) Meffen des Druckes, welchen der Stofs der bewegten Flüffigkeit auf eine ruhende Fläche ausübt.

249.
Geftofsene Flächen.

Man nimmt an, dafs der Druck, welchen ein Flüffigkeitsftrom, deffen Querfchnitt wefentlich gröfser ift als die Projektion einer von ihm getroffenen ruhenden Fläche, gegen diefe ausübt, mit dem Quadrat der Gefchwindigkeit wachfe, obgleich, genau genommen, das Verhältnis des Druckes zur Gefchwindigkeit etwas anderes ift. Ferner fteht der Druck in geradem Verhältnis zum Einheitsgewicht der Flüffigkeit.

Bezeichnet $\mathfrak{A}$ eine Wertziffer, welche von der Natur und Gröfse der getroffenen Fläche abhängt, γ das Gewicht der Raumeinheit, V die Gefchwindigkeit der Flüffigkeit und P den entftehenden Druck, fo ift die Beziehung zwifchen diefen beiden durch die Formel auszudrücken:

$$P = \mathfrak{A} \gamma V^2 \quad \text{oder} \quad V = \sqrt{\frac{P}{\mathfrak{A} \gamma}} \quad \ldots\ldots\ldots\ldots \quad 109.$$

Ein fehr einfach fcheinendes Mittel zum Meffen des Druckes P ift die *Pitot*'fche Röhre [184]. Zwei Rohre liegen bis zu der Stelle, an welcher die Gefchwindigkeit gemeffen werden foll, lotrecht nebeneinander; hier endet die eine mit freiem Querfchnitt, während die andere rechtwinkelig umgebogen und zugefpitzt ift, fo dafs die Mündung fenkrecht von der bewegten Flüffigkeit getroffen wird. Ift die letztere z. B. Waffer, fo fteigt fie in dem mit Biegung verfehenen Rohr höher als im anderen; der Höhenunterfchied bezeichnet die Gröfse des Druckes P. Vorhin war vorausgefetzt, dafs das Waffer fich annähernd wagrecht bewege; durch Aenderungen der Geftalt der *Pitot*'fchen Röhre vermag man fie jedoch auch für lotrechte oder geneigte Leitungen zu verwenden, indem man zur Beobachtung der Waffergefchwindigkeit die Mefsrohre mit Queckfilber, zur Beobachtung der Luftgefchwindigkeit mit Waffer füllt. Die geringen Gefchwindigkeiten, welche in den Leitungen der Heizungs- und Lüftungsanlagen vorkommen, bringen nur einen geringen Druckunterfchied hervor, fo dafs es nötig wird, die zum Ablefen dienenden Enden der Rohre geneigt anzuordnen.

Statt der Flüffigkeitsflächen kann man auch fefte Flächen anwenden, gegen welche die bewegte Flüffigkeit unter einem rechten oder fpitzen Winkel ftöfst.

250.
Wolpert's Anemometer.

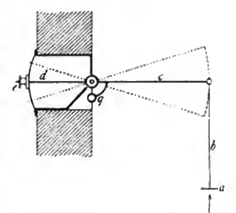
Bei *Wolpert*'s Anemometer find die feften Flächen, gegen welche die Flüffigkeit ftöfst, in Geftalt eines Windrädchens angeordnet, welches infolge des Druckes

[183]) Vergl.: RECKNAGEL, G. Ueber ein zu Gefchwindigkeitsmeffungen an Luftftrömen geeignetes Inftrument. WIEDEMANN's Annalen 1878, S. 149.

[184]) Vergl.: RÜHLMANN, M. Hydromechanik. 2 Aufl. Braunfchweig 1880. S 367.

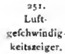
fich zu drehen beftrebt ift, während eine Feder der Drehung Widerftand leiftet. Da der freie Querfchnitt zwifchen den Flügeln wefentlich kleiner ift als derjenige, welcher vom Gerät beherrfcht wird, fo entfteht eine Stauung der bewegten Flüffigkeit, die Seitenbewegungen und Wirbelungen verurfacht.

Fig. 124.



Luftgefchwindigkeitszeiger.

Andere laffen den Strom, deffen Gefchwindigkeit gemeffen werden foll, möglichft winkelrecht gegen eine Platte ftofsen, die mit einem belafteten Hebel derart verbunden ift, dafs der Grad des Ausfchlages diefes letzteren die Gröfse des Druckes P anzeigt[185]. Solche fchon im vorigen Jahrhundert bekannte Einrichtungen find befonders geeignet, der Bedienungsmannfchaft Kunde von der Gefchwindigkeit der Luft in den Kanälen zu geben; fie werden zu diefem Zwecke an den Beobachtungsftellen dauernd angebracht.

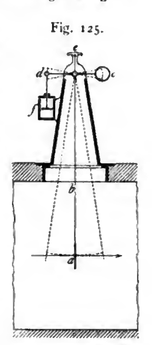


251. Luftgefchwindigkeitszeiger.

Fig. 124 ftellt einen Luftgefchwindigkeitszeiger für einen lotrechten Kanal im Schnitt dar.

a bezeichnet eine ebene Platte, die mittels eines Drahtes *b* am doppelarmigen Hebel *cd* hängt. Am Ende *d* diefes Hebels ift eine Mutter *e* zum Andrücken einer Zeigerplatte benutzt, welche mit letzterer und dem linksfeitigen Hebelende die rechtsfeitige Hebelhälfte nebft Platte *a* im Gleichgewicht hält, folange bewegte Luft nicht auf *a* wirkt. Ein Gewicht *q* hängt, wenn der Hebel in mittlerer Lage fich befindet, mitten unter der Drehachfe des letzteren. Jede nach oben gerichtete Luftftrömung gibt dem Zeiger bei *c* einen Ausfchlag nach unten, jede entgegengefetzte einen folchen nach oben. Das Ganze ift fo an einem gufseifernen Kaften angebracht, dafs man es leicht herausnehmen kann.

Fig. 125.



Luftgefchwindigkeitszeiger.

Um fortwährendes Pendeln des Hebels zu verhüten, verbindet man letzteren wohl mit einer in Waffer, Oel oder dergl. fpielenden Scheibe. Dies ift bei dem Luftgefchwindigkeitszeiger für wagrechte Kanäle, welchen Fig. 125 darftellt, vorgefehen.

Die Platte *a* ift hier mit dem Hebel *b* feft verbunden; ihr Gewicht fucht diefen in der lotrechten Lage zu erhalten. *b* ift an einer wagrecht gelagerten Welle befeftigt, welche in einiger Entfernung von *b* den Hebel *cd* trägt; an der erwähnten Welle ift auch der Zeiger *e* befeftigt. An *d* hängt nun ein Kolben, welcher in dem mit Oel oder einer anderen geeigneten Flüffigkeit gefüllten Gefäfse *f* fpielt.

3) Meffen des durch eine Leitung ftrömenden Flüffigkeitsraumes.

252. Meffen des Raumes.

Die betreffenden Einrichtungen finden ausfchliefslich zum Meffen des Leuchtgafes (**Gasuhren**) oder des Waffers (**Waffermeffer**) Verwendung. Zum Meffen des Waffers, welches eine Wafferheizungsanlage durchläuft, dürfte nur der Waffermeffer von *Rofenkranz*[186] brauchbar fein, da diefer verhältnismäfsig fehr geringe Widerftände bietet. Leider ift das Meffen der wirklich eintretenden Waffergefchwindigkeiten in Heizungsleitungen bisher nicht gebräuchlich, was wohl die grofsen Widerftände der meiften Waffermeffer zur Urfache hat, welche möglicherweife die

[185] Vergl. ebendaf., S. 367, 369 — ferner: WOLPERT, A. Theorie und Praxis der Ventilation und Heizung. Braunfchweig 1880. S. 246.

[186] Befchreibung davon in: Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1874, S. 145.

geringe bewegende Kraft diefer Leitungen vollftändig aufzehren können, fie jedenfalls erheblich beeinträchtigen. Das Anbringen folcher Waffermeffer würde in Verbindung mit Thermometern die Prüfung und Beurteilung der betreffenden Anlagen wefentlich erleichtern.

In Bezug auf Gasuhren verweife ich auf *Rühlmann*'s unten[187]) näher bezeichnetes Werk und auf Art. 51 (S. 48). Solche Raummefsgeräte, welche zum Meffen des Waffers[188]) und des Gafes dienen, würden, entfprechend umgeformt, auch zum Meffen des Dampfes benutzt werden können. Mir find jedoch dementfprechende Einrichtungen nicht bekannt; bis jetzt beftimmt man die Dampfmengen, bezw. Dampfgefchwindigkeiten nach dem Druckunterfchiede und dem Ausftrömungsquerfchnitt *(Birdfill Holly)* oder nach der Menge des Niederfchlagwaffers[189]).

Literatur
über »Luftgefchwindigkeitsmeffer«.

RÜHLMANN. Ueber Windgefchwindigkeitsmeffer. Mitth. d. Gwbver. f. Hannover 1862, S. 26.

RÜHLMANN. Ueber Anemometer, befonders das von *Adie*. Mitth. d. Gwbver. f. Hannover 1863, S. 109. Polyt. Centralbl. 1863, S. 1266.

BARTHOLD. Anemometer zum Meffen des Zuges bei Heiz- und Kochöfen. Deutfche Bauz. 1869, S. 221.

SCHEURER-KESTNER. *Appareil pour la mefure du tirage dans les cheminées. Bulletin de la foc. ind. de Mulh.*, Bd. 41, S. 429. Polyt. Journ., Bd. 206, S. 448. Polyt. Centralbl. 1874, S. 105.

RÜHLMANN, M. Allgemeine Mafchinenlehre. Bd. 1. 2. Aufl. Braunfchweig 1875. S. 135.

ARON. Zugmeffer. Polyt. Centralbl. 1875, S. 1092.

BARTHOLD. Die Zugverhältniffe der Heiz- und Kochöfen. Deutfche Bauz. 1876, S. 221.

WOLPERT. Ueber Anemometer. Mafchin.-Conftr. 1876, S. 276. Deutfche Bauz. 1876, S. 235.

WOLPERT, A. Das Flügel-Anemometer. Zeitfchr. d. bayer. Arch.- u. Ing.-Ver. 1876—77, S. 36.

Ein recht praktifches Anemometer und die Ventilationseinrichtungen im hiefigen Zellengefängniffe. Hannov. Wochbl. f. Hand. u. Gwbe. 1878, S. 131.

Anemometer von *Negretti u. Zambra*. Rohrleger 1878, S. 93.

FRESE. Das Anemometer und feine Anwendung zur Beftimmung der Gefchwindigkeit bewegter Luft. Gefundh.-Ing. 1881, S. 23.

Luftgefchwindigkeitsmeffer von *E. Rofenkranz* und *H. Trom* in Dortmund. Polyt. Journ., Bd. 235. S. 349.

Vorrichtung zur Controle des Zuges in Lüftungscanälen. Centralbl. d. Bauverw. 1894, S. 140.

---

10. Kapitel.

Kanäle für Luft und Rauch.

(Luftkanäle, Rauchkanäle, Lock- und Rauchfchornfteine.)

a) Abmeffungen.

253
Luftkanäle.

Aus der Gegenüberftellung der Widerftände der Bewegung und der Kraft der bewegenden Mittel gewinnt man ohne weiteres die zweckmäfsigften, bezw. zuläffigen Abmeffungen der Kanäle. Das Verfahren, welches einzufchlagen ift, mag an der Hand einiger Beifpiele näher erörtert werden.

[187]) RÜHLMANN, M. Allgemeine Mafchinenlehre. 2. Aufl. Bd. 1. Braunfchweig 1875. S. 149—136.

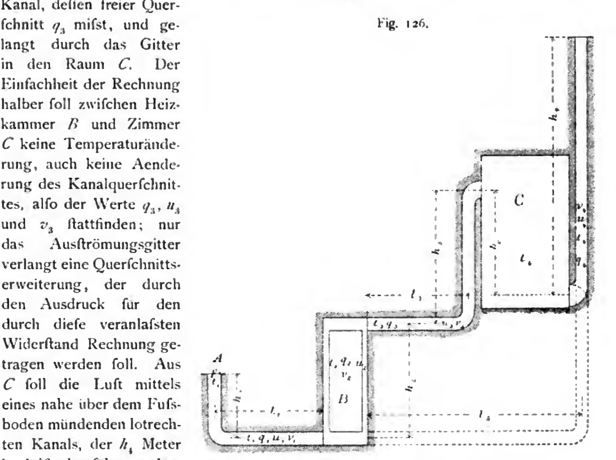
[188]) Die Literatur über »Waffermeffer« fiehe Kap. 18 diefes Bandes.

[189]) Ueber Dampfmeffer vergl.: Polyt. Journ., Bd. 234, S. 278.

254.
Heizung mit Lüftung.

Der Raum C (Fig. 126) ſoll von A aus mit friſcher Luft verſorgt werden. A iſt eine im Freien liegende Oeffnung; von ihr aus ſoll die Zuluft, ohne ihre Temperatur t_1 zu verändern, zunächſt um h_1 nach unten ſteigen, dann in einem l_1 langen Kanal wagrecht fortgeführt werden, um in die Heizkammer B zu gelangen, woſelbſt die Erwärmung auf t_3 Grad erfolgt. Die mittlere Temperatur der Luft iſt (vergl. Art. 233, S. 194) in der Heizkammer $\frac{t_1 + t_3}{2}$; die mittlere Geſchwindigkeit ſei v_2, der freie Querſchnitt q_2 und ihr Umfang u_2. Die erwärmte Luft durchſtrömt nunmehr den wagrechten Kanal, welcher l_3 lang iſt, und den lotrechten h_3 hohen Kanal, deſſen freier Querſchnitt q_3 miſst, und gelangt durch das Gitter in den Raum C. Der Einfachheit der Rechnung halber ſoll zwiſchen Heizkammer B und Zimmer C keine Temperaturänderung, auch keine Aenderung des Kanalquerſchnittes, alſo der Werte q_3, u_3 und v_3 ſtattfinden; nur das Ausſtrömungsgitter verlangt eine Querſchnittserweiterung, der durch den Ausdruck für den durch dieſe veranlaſsten Widerſtand Rechnung getragen werden ſoll. Aus C ſoll die Luft mittels eines nahe über dem Fuſsboden mündenden lotrechten Kanals, der h_4 Meter hoch iſt, abgeführt werden.

Fig. 126.



Es ſoll, um jeden Luftwechſel durch Türen, Fenſter und Wände ſo viel als möglich zu vermeiden, der Druck der Luft in halber Höhe zwiſchen der Zuluft- und Abluftöffnung innerhalb des Zimmers C gleich demjenigen des Freien ſein.

Der für die Zufuhr der Luft verfügbare Auftrieb iſt nach Gleichung 76, da in dem erſten lotrechten Teile der Leitung die Temperatur t_1 der Luft gleich derjenigen des Freien angenommen werden muſs, und die Temperatur t_4 des Zimmers angenähert innerhalb der Höhe h_c unveränderlich bleibt,

$$\mathfrak{A} = (h_2 + h_3)(1{,}3 - 0{,}004\, t_1) - h_2 \left(1{,}3 - 0{,}004\, \frac{t_1 + t_3}{2}\right) - h_3 (1{,}3 - 0{,}004\, t_3)$$

$$- \frac{h_c}{2} (t_3 - t_1)\, 0{,}004$$

$$\mathfrak{A} = 0{,}004 \left[\left(\frac{h_2}{2} + h_3\right)(t_3 - t_1) - \frac{t_4 - t_1}{2}\, h_c\right] . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 110.$$

Dieſem Auftrieb ſind die folgenden Widerſtände gegenüberzuſtellen (vergl. die Gleichungen 62 bis 70 einſchl.), wenn $\varkappa = 0{,}0006$, die Wertziffer für Krümmungen $= 0{,}1$ und diejenige der Gitterwiderſtände $= 1$ geſetzt und $\frac{1}{v}$ gegen 20 vernachläſſigt wird:

$$\mathfrak{W} = \gamma \left(20\, \varkappa\, l\, \frac{u}{q} + \Sigma\, \xi\right) \frac{v^2}{2g} \quad \ldots \ldots \ldots \quad 111.$$

Die genaue Rechnung erfordert nun, dieſe Widerſtände in einzelnen Gruppen einzuführen, nämlich:

$$\mathfrak{W}_1 = \gamma_1 \left(20\, \varkappa\, l_1\, \frac{u_1}{q_1} + \Sigma\, \xi_1\right) \frac{v_1^{\,2}}{2g}\,; \quad \mathfrak{W}_2 = \gamma_2 \left(20\, \varkappa\, l_2\, \frac{u_2}{q_2} + \Sigma\, \xi_2\right) \frac{v_2^{\,2}}{2g} \quad . \quad 112.$$

u. ſ. w. Sind erhebliche Verſchiedenheiten der Luftgeſchwindigkeiten aus irgendwelchen Gründen in Ausſicht genommen, ſo wird man dem betreffenden umſtändlichen Verfahren nicht aus dem Wege gehen können. Man ſetzt alsdann jenes $\mathfrak{A}$ (Gleichung 110) der Summe aller $\mathfrak{W}_1$ (Gleichung 112) gleich und gelangt unter vorläufiger Annahme des $\frac{u}{q}$ und v zu einem Urteile darüber, ob die beiden letzterwähnten Ausdrucke zutreffend gewählt worden ſind oder nicht.

In der Regel ſind die v nicht ſehr verſchieden voneinander, ſo daſs man in ſämtliche Teile des $\mathfrak{W}$ einen mittleren Wert für v einſetzen kann. Ebenſo kann man für γ einen mittleren Wert annehmen, da es nur in Verbindung mit den durch Schätzung beſtimmten Wertziffern für den Widerſtand auftritt. Alsdann wird

$$\mathfrak{A} = \mathfrak{W},$$

$$0{,}004 \left[\left(\frac{h_2}{2} + h_3\right)(t_3 - t_1) - \frac{t_4 - t_1}{2}\, h_c\right] = \gamma \left(20\, \varkappa\, l\, \frac{u}{q} + \Sigma\, \xi\right) \frac{v^2}{2g},$$

oder

$$v = \sqrt{\frac{0{,}004\,.\,19{,}6}{\gamma}} \sqrt{\frac{\left(\frac{h_2}{2} + h_3\right)(t_3 - t_1) - h_c\, \frac{t_4 - t_1}{2}}{20\, \varkappa\, l\, \frac{u}{q} + \Sigma\, \xi}} \quad . \; . \quad 113.$$

In dieſer Gleichung ſoll für γ der Wert $1{,}254$ eingeſetzt werden, was einer mittleren Temperatur von 12 Grad entſpricht; $\varkappa$ war zu $0{,}0006$ feſtgeſetzt; alſo iſt $20\, \varkappa = 0{,}012$, und es entſteht

$$v = 0{,}25 \sqrt{\frac{\left(\frac{h_2}{2} - h_3\right)(t_3 - t_1) - h_c\, \frac{t_4 - t_1}{2}}{0{,}012\, l\, \frac{u}{q} + \Sigma\, \xi}} \quad . \; . \; . \; . \quad 114.$$

Dies iſt das v, welches e r r e i c h t w e r d e n kann. Iſt nun die Aufgabe geſtellt, ſtündlich eine beſtimmte Luftmenge $\mathfrak{L}$ (in Kilogr.) in das Zimmer zu fördern, ſo iſt

$$\mathfrak{L} = 3600\, v\, q\, (1{,}3 - 0{,}004\, t) \quad \ldots \ldots \ldots \quad 115.$$

oder

$$v_1 = \frac{\mathfrak{L}}{3600\, q_1\, (1{,}3 - 0{,}004\, t_1)} \text{ u. ſ. w.} \quad \ldots \ldots \ldots \quad 116.$$

Soll mittels der Luftmenge dem Zimmer C eine beſtimmte Wärmemenge W geliefert werden, ſo iſt

$$W = \mathfrak{L}\,.\,0{,}24\, (t_3 - t_4)$$

oder
$$\mathfrak{L} = \frac{W}{0{,}24\,(t_3 - t_4)} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 117.$$
in Rechnung zu fetzen.

Man hat nun mit den fo gewonnenen Werten für v, welche die Aufgabe verlangt, diejenigen zu vergleichen, welche nach Gleichung 114 zu erreichen find und, wenn eine Uebereinftimmung nicht ftattfindet, für die Ausdrücke, welche zu letzteren führten, andere Werte zu wählen.

Für den meiftens vorliegenden Fall, dafs man fich mit der Berechnung des Mittelwertes von v begnügt, alfo im Einklang mit Gleichung 114, liegen für das verlangte v die Ausdrücke vor
$$v = \frac{\mathfrak{L}}{3600\,q\,(1{,}3 - 0{,}004\,t)}, \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 118.$$
oder
$$v = \frac{W}{0{,}24\,(t_3 - t_4)\,3600\,q\,(1{,}3 - 0{,}004\,t)}, \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 119.$$
in welche man für t denjenigen Wert einzufetzen hat, welcher dem betreffenden q entfpricht.

Die in diefen Gleichungen vorhandenen Gröfsen find zum Teile durch örtliche Verhältniffe gegeben. Hierhin gehören die Höhen h_1 bis h_c, fowie die Längen l_1 und l_3. Andere müffen angenommen werden. Die Temperatur der freien Luft t_1 ift wechfelnd; für den Fall, dafs man weniger Wert auf die Zuführung einer beftimmten Luftmenge, als auf das Heranfchaffen einer verlangten Wärmemenge legt, wird man für t_1 die niedrigfte der vorkommenden Temperaturen einfetzen, weil, wenn diefe herrfcht, die gröfste und berechnete Wärmemenge W verlangt wird. Soll dagegen eine beftimmte Luftmenge $\mathfrak{L}$ zugeführt werden, fo hat man fich zu entfcheiden, bis zu welcher Temperatur t_1 des Freien die Leiftung noch verlangt wird, und diefe Temperatur für die Berechnung zu benutzen.

Die Temperatur t_3 ift, wie früher erörtert wurde, behufs einer möglichft gleichmäfsigen Temperatur des Zimmers nicht fehr hoch zu wählen; neuere vortrefilich arbeitende Heizungsanlagen benutzen felbft während der ftrengften Kälte höchftens 40 Grad. Die Temperatur t_4 ift felbftverftändlich gegeben.

Die Faktoren $\frac{u}{q}$ find nicht allgemein zu behandeln: der kreisförmige und der quadratifche Querfchnitt gewähren noch eine einfache Beziehung; die rechteckigen Querfchnitte dagegen, welche meiftens Verwendung finden, find nur für jeden einzelnen Fall zu berechnen. Zur Erleichterung der Rechnung möge die nebenftehende Tabelle dienen.

Beifpiel. Es fei gegeben: $v_1 = v_2 = v_3$; $t_1 = -20$ Grad; $\gamma_1 = 1{,}35$; $h_1 = 1{,}5$ m; $l_1 = 6{,}2$ m; $t_3 = +40$ Grad; $\gamma_3 = 1{,}14$; $h_2 = 2{,}4$ m; $h_3 = 2{,}2$ m; $l_3 = 0$; $t_4 = +20$ Grad; $\gamma_4 = 1{,}22$; $h_c = 1{,}9$ m; $W = 12000$, und $\Sigma\xi = 1 + 0{,}4 + 1 + 1 + 0{,}4 + 1 = 4{,}8$; ferner werde angenommen: $q_1 = 0{,}66\text{ m} \times 0{,}66\text{ m} = 0{,}44$ qm; $\frac{u_1}{q_1} = 6$; $q_2 = 0{,}5$ qm; $u_2 = 7$ m; $\frac{u_2}{q_2} = 14$; $q_3 = 0{,}66\text{ m} \times 0{,}79\text{ m} = 0{,}52$ qm; $\frac{u_3}{q_3} = 5{,}56$.

Alsdann wird verlangt
$$v = \frac{12000}{0{,}24\,(40 - 20)\,.\,3600\,.\,0{,}52\,.\,1{,}14} = 1{,}2\text{ m}.$$

Nach der abgekürzten Gleichung 114 ift zu erreichen
$$v = 0{,}25 \sqrt{\frac{(1{,}2 + 2{,}2)\,[40 - (-20)] - 1{,}9\,.\,20}{0{,}012\,[(1{,}5 + 6{,}2)\,6 + 2{,}4\,.\,14 + 2{,}2\,.\,5{,}56] + 4{,}8}},$$
$$v = 0{,}25 \sqrt{\frac{204 - 38}{1{,}1 + 4{,}8}} = 1{,}225\text{ m}.$$

Werte $\frac{u}{q}$ für kreisförmige, quadratische und rechteckige Kanalquerschnitte.

Kreisförmiger Querschnitt				Quadratischer Querschnitt			
Weite	u	q	$\frac{u}{q}$	Weite	u	q	$\frac{u}{q}$
0,150	0,471	0,0177	26,6	0,150	0,6	0,0225	26,6
0,175	0,549	0,0240	22,9	0,175	0,7	0,0306	22,9
0,200	0,628	0,0314	20,0	0,200	0,8	0,0400	20,0
0,25	0,785	0,0491	16,0	0,25	1,0	0,0625	16,0
0,30	0,942	0,0707	13,3	0,30	1,2	0,0900	13,3
0,35	1,099	0,0962	11,4	0,35	1,4	0,1225	11,4
0,40	1,257	0,1250	10,0	0,40	1,6	0,1600	10,0
0,45	1,414	0,1580	8,89	0,45	1,8	0,2025	8,89
0,50	1,57	0,196	8,00	0,50	2,0	0,2500	8,00
0,55	1,73	0,237	7,27	0,55	2,2	0,3025	7,27
0,60	1,88	0,283	6,67	0,60	2,4	0,3600	6,67
0,65	2,04	0,332	6,15	0,65	2,6	0,4225	6,15
0,70	2,20	0,385	5,71	0,70	2,8	0,4900	5,71
0,75	2,38	0,442	5,33	0,75	3,0	0,5625	5,33
0,80	2,51	0,503	5,00	0,80	3,2	0,6400	5,00
0,85	2,67	0,567	4,70	0,85	3,4	0,7225	4,70
0,90	2,83	0,636	4,44	0,90	3,6	0,8100	4,44
0,95	2,98	0,709	4,21	0,95	3,8	0,9025	4,21
1,00	3,14	0,785	4,00	1,00	4,00	1,0000	4,00
Meter	Meter	Quadr.-Meter		Meter	Meter	Quadr.-Meter	

Rechteckiger Querschnitt			
Querschnitt	u	q	$\frac{u}{q}$
0,14 × 0,14	0,56	0,0196	28,6
» × 0,27	0,82	0,0378	21,7
» × 0,40	1,08	0,0560	19,3
» × 0,53	1,34	0,0742	18,0
» × 0,66	1,60	0,0924	17,3
» × 0,79	1,86	0,1106	16,8
» × 0,92	2,12	0,1288	16,5
» × 1,05	2,38	0,1470	16,2
0,27 × 0,27	1,08	0,0729	14,8
» × 0,40	1,34	0,1080	12,4
» × 0,53	1,60	0,1431	11,2
» × 0,66	1,86	0,1782	10,4
» × 0,79	2,12	0,2133	9,94
» × 0,92	2,38	0,2484	9,58
» × 1,05	2,64	0,2835	9,31
0,40 × 0,40	1,60	0,1600	10,00
» × 0,53	1,86	0,2120	8,77
» × 0,66	2,12	0,2640	8,03
Meter	Meter	Quadr.-Meter	

Rechteckiger Querschnitt			
Querschnitt	u	q	$\frac{u}{q}$
0,40 × 0,79	2,38	0,3160	7,53
» × 0,92	2,64	0,3680	7,17
» × 1,05	2,90	0,4200	6,90
0,53 × 0,53	2,12	0,2809	7,55
» × 0,66	2,38	0,3498	6,80
» × 0,79	2,64	0,4187	6,30
» × 0,92	2,90	0,4876	5,95
» × 1,05	3,16	0,5565	5,68
0,66 × 0,66	2,64	0,4356	6,06
» × 0,79	2,90	0,5214	5,56
» × 0,92	3,16	0,6072	5,20
» × 1,05	3,42	0,6930	4,94
0,79 × 0,79	3,16	0,6241	5,06
» × 0,92	3,42	0,7268	4,70
» × 1,05	3,68	0,8295	4,43
0,92 × 0,92	3,68	0,8464	4,34
» × 1,05	3,94	0,9660	4,08
1,05 × 1,05	4,20	1,1025	3,81
Meter	Meter	Quadr.-Meter	

Nach dem genaueren Rechnungsverfahren ergibt sich

$$0{,}004 \left[\left(\frac{h_2}{2} + h_3\right)(t_3 - t_1) - \frac{t_4 - t_1}{2}\, h_c\right] =$$

$$= \left[\gamma_1 \left(20\, \varkappa\, l_1 \frac{u_1}{q_1} + \Sigma\, \xi_1\right) + \gamma_2 \left(20\, \varkappa\, l_2 \frac{u_2}{q_2} + \Sigma\, \xi_2\right) + \gamma_3 \left(20\, \varkappa\, l_3 \frac{u_3}{q_3} + \Sigma\, \xi_3\right)\right] \frac{v^2}{2g};$$

$$0{,}004\, [3{,}4 \,.\, 60 - 20 \,.\, 1{,}9] = \Big\{1{,}38\, [0{,}012 \,.\, (1{,}5 + 6{,}2)\, 6 + 1 + 0{,}4 + 1] + \frac{1{,}14 + 1{,}38}{2}\, (0{,}012 \,.\, 2{,}4 \,.\, 14)$$

$$+ 1{,}14\, [0{,}012 \,.\, 2{,}2 \,.\, 5{,}56 + 1 + 0{,}4 + 1]\Big\} \frac{v^2}{10{,}6},$$

$$v = \sqrt{\frac{0{,}004 \,.\, 166 \,.\, 19{,}6}{1{,}38\, (0{,}012 \,.\, 7{,}7 \,.\, 6 + 2{,}4) + 1{,}26\, (0{,}012 \,.\, 2{,}4 \,.\, 14) + 1{,}14\, (0{,}012 \,.\, 2{,}2 \,.\, 5{,}56 + 2{,}4)}} = 1{,}323\, ^{\mathrm{m}}.$$

Es stimmt also das Ergebnis der genaueren Rechnung im vorliegenden Falle vorzüglich mit demjenigen der abgekürzten Rechnungsweise.

Das zu erreichende v ist gröfser als das verlangte; legt man nun sehr grofsen Wert auf kleine Kanalquerschnitte, so hat man versuchsweise für die q andere Werte einzusetzen und die Rechnung zu wiederholen u. s. w.

Der Querschnitt q_4 des Abluftkanals wird einfacher, aber ähnlich berechnet. Es ist der Auftrieb

$$\mathfrak{A} = \left(h_4 - \frac{h_c}{2}\right)(1{,}3 - 0{,}004\, t_1) - \left(h_4 - \frac{h_c}{2}\right)(1{,}3 - 0{,}004\, t_4),$$

$$\mathfrak{A} = 0{,}004 \,.\, \left(h_4 - \frac{h_c}{2}\right)(t_4 - t_1),$$

und es betragen die Widerstände:

$$\mathfrak{W} = \gamma \left(20\, \varkappa\, h_4 \frac{u_4}{q_4} + \Sigma\, \xi\right) \frac{v_4{}^2}{2g}.$$

Sonach ist ein v_4 zu erreichen:

$$v_4 = \sqrt{\frac{0{,}004 \,.\, 2g}{\gamma}} \,.\, \sqrt{\frac{\left(h_4 - \frac{h_c}{2}\right)(t_4 - t_1)}{20\, \varkappa\, h_4 \frac{u_4}{q_2} + \Sigma\, \xi}},$$

oder

$$v_4 = 0{,}25 \sqrt{\frac{\left(h_4 - \frac{h_c}{2}\right)(t_4 - t_1)}{0{,}012\, h_4 \frac{u_4}{q_4} + \Sigma\, \xi}},$$

während verlangt wird, für das Heizen

$$v_4 = \frac{W}{3600\, q_4\, \gamma_4\, 0{,}24\, (t_3 - t_4)},$$

und für das Lüften

$$v_4 = \frac{\mathfrak{L}}{3600\, q_4\, \gamma_4}.$$

Beispiel. Zu obigem Beispiel sei noch $h_4 = 16^{\mathrm{m}}$, $\Sigma\, \xi = 1 + 1 + 0{,}4 = 2{,}4$, und es werde angenommen: $q_4 = 0{,}27 \,.\, 0{,}27 = 0{,}0729$; $\frac{u_4}{q_4} = 14{,}8$. Alsdann berechnet sich das zu erreichende v_4 zu:

$$v_4 = 0{,}25 \sqrt{\frac{15{,}05 \,.\, 40}{0{,}012 \,.\, 16 \,.\, 14{,}8 + 2{,}4}} = 2{,}68\, ^{\mathrm{m}},$$

während das verlangte v_4 beträgt:

$$v_4 = \frac{12000}{3600 \,.\, 0{,}0729 \,.\, 1{,}22 \,.\, 0{,}24\, [40 - (-20)]} = 2{,}6\, ^{\mathrm{m}}.$$

Der angenommene Kanalquerschnitt ist demnach passend.

255. Heizung mit Umlauf.

In vielen Fällen wird für Heizungszwecke von der Erneuerung der Luft abgesehen, vielmehr die Luft des zu heizenden Raumes der Heizkammer behufs wiederholter Erwärmung zurückgeführt. Man nennt dieses Verfahren Heizung mit umlaufender Luft oder einfach Heizung mit Umlauf, Umlaufheizung (Zirkulationsheizung), im Gegensatz zur bisher besprochenen Heizung mit Lüftung, Lüftungsheizung (Ventilationsheizung). In Fig 126 ist durch punktierte Linien der Rucklaufkanal angegeben. Der h_4 Meter hohe Abluftkanal, sowie der Zuführungskanal der frischen Luft sind als abgesperrt zu betrachten oder überall hinwegzudenken.

Die Luft des Rücklaufkanals ist leichter als die Luft des Freien; sie hat daher, da sie nach unten sich bewegen mufs, einen negativen Auftrieb. Um ihre Bewegung hervorzubringen und zu unterhalten, mufs an der in der Heizkammer befindlichen Mundung ein niedrigerer Druck herrschen als an der im Zimmer *C* liegenden Mündung. Dies kann dadurch erreicht werden, dafs der Druck im unteren Teile der Heizkammer niedriger, oder derjenige im unteren Teile des Zimmers *C* höher als derjenige der freien Luft ist; es kann auch der erforderliche Ueberdruck erzielt werden, indem sowohl der eine als auch der andere der obigen Fälle stattfindet. Jedenfalls mufs der erforderliche Druckunterschied durch den positiven Auftrieb der von der Heizkammer zum Zimmer *C* emporsteigenden warmen Luft hervorgebracht werden. Man kann nun den positiven, wie den negativen Auftrieb auf Grund des Vergleiches der Luftgewichte mit dem Gewichte der freien Luft einzeln berechnen und durch Zusammenziehen den verfügbaren Rest des positiven Auftriebes gewinnen, welcher den Widerständen gegenüberzustellen ist, oder man kann das Kanalnetz einschliefslich Heizkammer und zu beheizendem Raume als ein geschlossenes Kanalnetz betrachten, so dafs der Auftrieb sofort aus dem Vergleiche der Luftgewichte des steigenden und des zurückführenden Teiles der Kanäle gewonnen wird. Letzteres Verfahren ist einfacher und soll deshalb hier verfolgt werden.

Hier liegt der durch Fig. 100 (S. 194) versinnlichte Fall, für den der Auftrieb durch die Gleichung 104 ausgedrückt wurde, vor, wenn die warme Luft durch die Decke des Zimmers oder doch unmittelbar an ihr eintritt, und es ist alsdann zur Bestimmung der Auftriebsgröfse die angezogene Gleichung zu benutzen. In der Regel befindet sich jedoch die Luftaustrittsöffnung, wie auch in Fig. 126 angedeutet ist, in einiger Entfernung von der Decke, und dann ist Gleichung 104 nicht mehr zutreffend. Die in das Zimmer entweichende warme Luft erhebt sich aus bekannten Gründen sofort zur Decke, gibt dort und auf dem Rückwege bis in die Höhe der Luftzufuhröffnung einen Teil ihrer Wärme ab, so dafs in dieser Höhe eine Temperatur herrscht, welche nennenswert niedriger ist als die Temperatur t_3. Genau genommen würde man diese Temperatur, wie diejenige t_4 der abfliefsenden Luft, fur jeden einzelnen Fall besonders bestimmen und den (negativen) Auftrieb innerhalb der Höhe h_c als Teil des ganzen Ausdruckes behandeln müssen. In einzelnen Fällen wird das angedeutete, umständliche Verfahren nicht zu vermeiden sein; für gewöhnlich kann man aber den betreffenden Wert vernachlässigen, da die Temperaturabnahme der Luft innerhalb der Höhe h_c eine geringe ist, und für die Temperatur t_4 der abströmenden Luft die mittlere des Zimmers in Ansatz gebracht wird.

Der Auftrieb für die Umlaufheizung wird daher für gewöhnlich wie folgt genau genug bestimmt.

$$\mathfrak{A} = (h_2 + h_3)(1{,}3 - 0{,}004\, t_1) - h_2 \left(1{,}3 - 0{,}004\, \frac{t_1 + t_3}{2}\right) - h_3\,(1{,}3 - 0{,}004\, t_3),$$

$$\mathfrak{A} = 0{,}004 \left(\frac{h_2}{2} + h_3\right)(t_3 - t_4) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 120.$$

Die der Luftbewegung fich entgegenftellenden Widerftände betragen nach Gleichung 111 (S. 211)

$$\mathfrak{W} = \gamma \left(20 \varkappa l \frac{u}{q} + \Sigma \xi\right) \frac{v^2}{2g};$$

fonach ift

$$0{,}004 \left(\frac{h_2}{2} + h_3\right)(t_3 - t_4) = \gamma \left(20 \varkappa l \frac{u}{q} + \Sigma \xi\right) \frac{v^2}{2g} \quad . \quad . \quad . \quad 121.$$

zu fetzen, woraus fich

$$v = \sqrt{\frac{0{,}004 \,.\, 19{,}6}{1{,}254}} \sqrt{\frac{\left(\frac{h_2}{2} + h_3\right)(t_3 - t_4)}{0{,}012\, l \frac{u}{q} + \Sigma \xi}} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 122.$$

ergibt, wenn $\varkappa = 0{,}0006$ und $\gamma = 1{,}251$ ($t = 12$ Grad) gefetzt wird. Der Wert des erften Wurzelausdruckes ift dann $= 0{,}25$. Angefichts der hierdurch gewonnenen Einfachheit darf man, zumal die Gröfse γ nur auf das Rechnungsergebnis der Widerftände von Einflufs ift, für das wechfelnde γ in der Regel den angegebenen feften Wert einfetzen. Dadurch wird der Ausdruck für die zu erreichende Gefchwindigkeit

$$v = 0{,}25 \sqrt{\frac{\left(\frac{h_2}{2} + h_3\right)(t_3 - t_4)}{0{,}012\, l \frac{u}{q} + \Sigma \xi}}, \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 123.$$

welcher der Gleichung 114 (S. 211) für Lüftungsheizung ganz ähnlich ift.

Der Wert des verlangten v ift felbftverftändlich hier dem durch Gleichung 119 (S. 212) gegebenen gleich. Auch gilt für die Berechnung der Kanäle einer Umlaufheizung dasfelbe, was in Art. 254 (S. 210) über diejenige einer Lüftungsheizung gefagt wurde.

Beifpiel. Das vorhin für Lüftungsheizung berechnete Beifpiel mag nunmehr für Umlaufheizung berechnet werden. Es fei (Fig. 126) $l_5 = 0$, d. h. es foll der Rücklaufkanal neben dem Warmluftkanal liegen; ferner follen die Gefchwindigkeiten v in der Heizkammer, dem Warmluft- und dem Rücklaufkanal unter fich gleich fein.

Aus dem Vergleich der Gleichung 110 mit Gleichung 120 ergibt fich ohne weiteres, dafs der Auftrieb für die Umlaufheizung erheblich kleiner ift als derjenige für die Lüftungsheizung. Deshalb möge angenommen werden:

$$q_2 = 0{,}6 \text{ qm}; \quad u_2 = 7{,}2 \text{ m}; \quad \frac{u_2}{q_2} = 12;$$

$$q_3 = 0{,}66 + 0{,}92 = 0{,}6 \text{ qm}; \quad \frac{u_3}{q_3} = 5{,}2;$$

$$q_4 = 0{,}66 + 0{,}70 = 0{,}52 \text{ qm}; \quad \frac{u_4}{q_4} = 5{,}56;$$

alsdann ift das zu erreichende

$$v = 0{,}25 \sqrt{\frac{(1{,}2 + 2{,}2)\,(40 - 20)}{1 + 0{,}012 \,.\, 2{,}4 \,.\, 2 + 1 + 0{,}012 \,.\, 2{,}2 \,.\, 5{,}2 + 0{,}4 + 1 + 1 + 1 + 0{,}4 + (2{,}4 + 2{,}2 - 1{,}9)\, 0{,}012 \,.\, 5{,}56}} = 0{,}78,$$

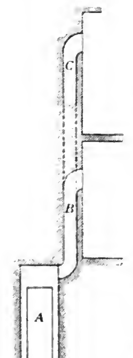
während zur Erreichung des beabfichtigten Zweckes

$$v = \frac{12\,000}{0{,}24\,(40 - 20)\,3600 \,.\, 0{,}6 \,.\, 1{,}24} = 1 \text{ m}$$

erforderlich ift. Man mufs daher die Kanalquerfchnitte vergröfsern, wenn fonftige Aenderungen in den Vorlagen nicht zuläffig find.

Deshalb werde angenommen:

Fig. 127.



$$q_2 = 0{,}83; \qquad u_2 = 8{,}3; \qquad \frac{u_2}{q_2} = 10;$$

$$q_3 = 0{,}79 \times 1{,}05 = 0{,}83; \qquad \frac{u_3}{q_3} = 4{,}43;$$

$$q_4 = 0{,}79 \times 0{,}92 = 0{,}73; \qquad \frac{u_4}{q_4} = 4{,}7,$$

fo dafs

$$v = \sqrt{\frac{(1{,}2 + 2{,}2)\ (40 - 20)}{0{,}012\ (2{,}4 \,.\, 10 + 2{,}2 \,.\, 4{,}43 + 2{,}7 \,.\, 4{,}7) + 5{,}8}} = 0{,}82\,\text{m}$$

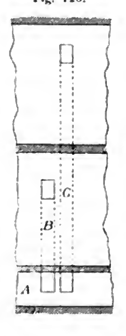
zu erreichen ift, während beifpielsweife für den Querfchnitt q_3

$$v = \frac{12\,000}{0{,}24\ (40 - 20) \,.\, 3600 \,.\, 0{,}83 \,.\, 1{,}14} = 0{,}74\,\text{m}$$

verlangt wird. Benutzt man einen der anderen Querfchnitte zur Berechnung des erforderlichen v, fo kommt man zu faft gleichen Ergebniffen; daher find die zuletzt gemachten Annahmen reichlich genügend.

Es möge darauf hingewiefen werden, dafs für gewöhnlich die Aenderung der Querfchnitte auf die zu erreichende Luftgefchwindigkeit von fehr geringem Einflufs ift, indem die Reibungswiderftände bei verhältnismäfsig kurzen Kanälen den übrigen Widerftänden gegenüber eine faft verfchwindende Rolle fpielen.

Fig. 128.



Aus dem Ergebnis der Rechnung erfieht man, dafs die Heizungen mit Umlauf gröfsere Kanalquerfchnitte oder geringere Luftgefchwindigkeiten bedingen als die Heizungen mit Lüftung. Vor allen Dingen dürfte aber jeder, welcher die Rechnung forgfältig verfolgt, einfehen, dafs mit fog. Fauftrechnungen die vorliegende Aufgabe niemals befriedigend gelöft werden kann.

256. Verzweigte Luftleitungen.

Wenn von einer Heizkammer aus mehrere Räume mit Wärme oder von einer Stelle aus durch Auftrieb mehrere Zimmer mit frifcher Luft verforgt werden follen, fo wird die Rechnung zufammengefetzter. Alsdann ift dafür zu forgen, dafs die von der Heizkammer *A* ausgehenden Kanäle oder Schlote *B* und *C* (Fig. 127) nicht faugend auf die Heizkammer wirken, dafs der Auftrieb der Heizkammer reichlich genügt, um die bis zu den unteren Enden von *B* und *C* vorkommenden Widerftände zu überwinden und der Auftrieb von *B* und *C* nicht gröfser ift als die Widerftände im zugehörigen Kanal.

Beachtet man diefe Regeln nicht, fo drohen folgende Gefahren. Der Auftrieb von *C* ift zweifellos gröfser als der von *B*. Ift er auch gröfser als die Widerftände von *C*, fo faugt er aus der Heizkammer, bringt alfo auch am unteren Ende von *B* einen Minderdruck hervor, den man für den Beharrungszuftand vielleicht genügend berückfichtigen kann, nicht aber für die Inbetriebfetzung. Zunächft find beide Kanäle *B* und *C* kalt. Liegen die unteren Kanalmündungen in der Heizkammer gleich, fo wird der

höhere Kanal C rafcher erwärmt werden als der niedrigere B und dann derart faugend wirken, dafs die Zimmerluft durch B in die Heizkammer fliefst, alfo B dauernd kühl gehalten wird. Man nennt diefen Vorgang »falfchen Gang«. Man kann nun zwar das Eintreten diefes Vorganges dadurch verhuten, dafs man die Eintrittsöffnungen von B und C in der Heizkammer verfchieden legt, z. B. diejenige von B höher, diejenige von C niedriger anbringt (was beim fog. Abregeln, dem erften Verfuchsheizen, gefchieht). Allein diefes Verfahren ift mindeftens fehr umftändlich, während jene Regel ohne weiteres zu einem ficheren Ergebniffe führt. Die gleiche Regel gilt von dem durch Fig. 128 dargeftellten Fall, wo die beiden Kanäle B und C vom gemeinfamen Warmluftkanal A aus verforgt werden. Man berechnet alfo den Kanal für die frifche Luft, die Heizkammer und nach Umftänden den Warmluftkanal, welcher bis zum Fufs der Zweigkanäle (B und C) führt, fo dafs die zugehörigen Widerftände von den bis hier auftretenden Auftrieben reichlich überwunden werden, und beftimmt die Abmeffungen der Zweigkanäle nach den Widerftänden der letzteren bis zum zu verforgenden Raum.

Ein Beifpiel möge das Rechnungsverfahren weiter erläutern.

Es follen 6 Zimmer, welche zufammen 43000 Wärmeeinheiten gebrauchen, von einer gemeinfamen Heizkammer aus mit Wärme verforgt werden. Die frifche Luft wird (Fig. 129) durch einen etwa 10 m langen Kanal in die Heizkammer geführt. Die Heizkörper find 2 m hoch. Weitere Mafse enthält Fig. 129. Der Wärmebedarf beider Erdgefchofszimmer beträgt je 7000 Wärmeeinheiten, der beiden Zimmer des I. Obergefchoffes je 6500 Wärmeeinheiten und der Zimmer des II. Obergefchoffes je 6900 Wärmeeinheiten. Die niedrigfte Aufsentemperatur t_1 ift zu -20 Grad, die höchfte Lufttemperatur t_3 zu $+40$ Grad und die Zimmertemperatur t_4 zu $+20$ Grad gegeben.

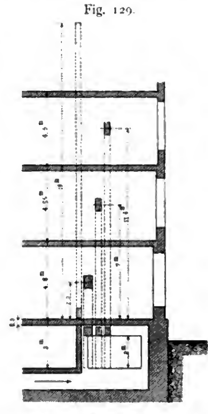


Fig. 129.

Für die Heizkammer beträgt der Auftrieb $0{,}7 \cdot 60 + 2 \cdot \frac{60}{2}$; nimmt man das $\frac{u}{q}$ für den Kaltluftkanal zu 4, für die Heizkammer zu 10 und $\Sigma \xi$ zu 3 zunächft an, fo gewinnt man mit Hilfe der Formel 114 das zu erreichende v zu

$$v = 0{,}25 \sqrt{\frac{0{,}7 \cdot 60 + 2 \cdot \frac{60}{2}}{0{,}012\,(10^{m} \cdot 4 + 3^{m} \cdot 10) + 3}} = 1{,}24^{m}.$$

Benutzt man diefe Gefchwindigkeit für die Gleichung $W = 4300 = q \cdot v \cdot 3600 \cdot 1{,}2 \cdot 0{,}24 \cdot 20$, in welcher 1,2 das durchfchnittliche Gewicht von 1 cbm Luft bedeutet, fo wird

$$q = 1{,}6^{m}.$$

Wird der Kanal im Mittel 1 m hoch und 1,6 m weit gemacht, fo entfteht $\frac{u}{q} = \frac{5{,}2}{1{,}6} = 3{,}25$, alfo weniger, als vorhin angenommen. Ob die Annahme des $\frac{u}{q}$ für die Heizkammer richtig ift, kann nur mit Hilfe der Heizkammerzeichnung beurteilt werden. Für die nach oben führenden Warmluftkanäle erhält man:

Erdgefchofs: $\frac{u}{q} = 10$ angenommen, $\Sigma \xi = 2{,}4$, das zu erreichende

$$v = 0{,}25 \sqrt{\frac{2{,}5 \cdot 60}{0{,}012 \cdot 2{,}5 \cdot 10 + 2{,}4}} = 1{,}88^{m}$$

und aus $q \cdot v \cdot 3600 \cdot 1{,}14 \cdot 0{,}24 \cdot 20 = 7000$, worin 1,14 das Gewicht von 1 cbm Luft bedeutet:

$$q = 0{,}19^{qm}.$$

Hierfür pafst der Querfchnitt $0{,}4 \times 0{,}53^{m} = 0{,}212^{qm}$ mit $\frac{u}{q} = 10$.

I. Obergefchofs: $\frac{u}{q} = 10$ angenommen, $\Sigma \xi = 2{,}4$, das zu erreichende

$$v = 0{,}25 \sqrt{\frac{7{,}3 \cdot 60}{0{,}012 \cdot 7{,}3 \cdot 10 + 2{,}4}} = 2{,}99 \text{ m}$$

und aus $q \cdot v \cdot 3600 \cdot 1{,}14 \cdot 0{,}24 \cdot 20 = 6500$

$$q = 0{,}10 \text{ qm}.$$

Hierfür pafst der Querfchnitt $0{,}4 \times 0{,}4 = 0{,}16$ qm, mit $\frac{u}{q} = 10$.

II. Obergefchofs: $\frac{u}{q} = 12$ angenommen, $\Sigma \xi = 2{,}4$, das zu erreichende

$$v = 0{,}25 \sqrt{\frac{11{,}9 \cdot 60}{0{,}012 \cdot 11{,}9 \cdot 12 + 2{,}4}} = 3{,}30 \text{ m}$$

und aus $q \cdot v \cdot 3600 \cdot 1{,}14 \cdot 0{,}24 \cdot 20 = 6900$

$$q = 0{,}106 \text{ qm}.$$

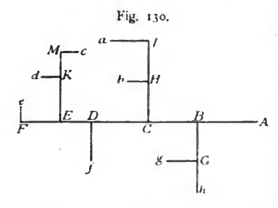
Hierfür pafst der Querfchnitt $0{,}27 \times 0{,}40 = 0{,}108$ qm mit $\frac{u}{q} = 12$.

Die Berechnung der Abluftkanäle ift der in Art. 254 (S. 214) angegebenen gleich.

Soll ftatt des Auftriebes ein anderes Mittel zum Bewegen der Luft verwendet werden, fo ändert fich die Rechnungsweife nur wenig.

Vom Punkte A (Fig. 130) aus foll nach den Punkten a, b, c, d, e, f, g und h, welche Punkte in verfchiedener Höhe liegen, Luft gefandt werden. Die Luftmengen, fowie ihre Temperaturen find bekannt; die Lage des Rohrnetzes ift nach den örtlichen Verhältniffen fo gewählt, wie Fig. 130 erkennen läfst. Man berechnet alsdann die Widerftände von einer der Kanalmündungen aus rückwärts fchreitend bis zu dem Punkte, an welchem der betreffende Kanal abzweigt, und fahrt fo fchrittweife bis zum Punkte A fort. Man forgt dafür, dafs an den Verzweigungspunkten gleiche Drücke verlangt werden, mufs alfo die Widerftände, welche bis hierher gefunden waren, nach Umftänden entfprechend vergröfsern, bezw. verringern.

Fig. 130.



Beifpielsweife mag bei c begonnen werden. Die Widerftände von c über M bis K werden, nach fchätzungsweifem Feftftellen der Kanalquerfchnitte und unter Berückfichtigung etwaigen Auftriebes, zu $\mathfrak{W}_1$ berechnet. Alsdann beftimmt man die Querfchnitte in derfelben Weife für die Strecke dK, und zwar fo, dafs an der Mundungsftelle K der gleiche Widerftand fich ergibt; nunmehr beftimmt man die Widerftände der Luftmengenfumme, die bei c und d ausftrömen foll, nach Wahl der Querfchnitte u. f. w. bis E zu $\mathfrak{W}_2$ und forgt dafür, dafs die Widerftände von e über F bis E auch gleich $\mathfrak{W}_1 + \mathfrak{W}_2$ werden u. f. w. Fällt dann die Summe der Widerftände für den Punkt A gröfser aus als die zur Verfügung ftehende Kraft, fo ift das ganze Verfahren, unter Aenderung der Querfchnitte und nach Umftänden auch der Lage der Kanäle, bezw. der Temperaturen, zu wiederholen, bis das gewünfchte Ergebnis vorliegt. Selbftverftändlich verfährt man gerade fo, wenn vom Punkte A aus beftimmte Luftmengen durch Oeffnungen abgefaugt werden follen, welche bei a, b . . . h fich befinden.

An diefer Stelle möge darauf hingewiefen werden, dafs man den einen Saugfchornftein nicht durch zwei nebeneinander arbeitende erfetzen darf, oder etwa, wenn

ein Saugschornstein das Verlangte nicht leistet, ihm keine Hilfe in Gestalt eines zweiten Schornsteins geboten werden darf. Rechnerisch scheint es gleichgültig, ob ein Schornstein oder mehrere, die zusammen so viel zu leisten im stande sind wie der eine, angewendet werden. Beachtet man aber, dass infolge von Zufälligkeiten der eine Schornstein kräftiger ist als der andere, dass der stärkere Schornstein die von ihm zu fördernde Luft von der Stelle entnimmt, die den geringeren Widerstand bietet, so erkennt man bald die Gefahr des »falschen Ganges« (vergl. Art. 256, S. 218). Zunächst tritt eine Schwächung des schon schwachen Schornsteines ein, und diese führt, wenn von äusseren Umständen begünstigt, zur Umkehr der Bewegungsrichtung im schwächeren Schornstein. Der stärkere Schornstein saugt durch den schwächeren die kühlere Luft des Freien an und hält hierdurch den schwächeren Schornstein dauernd kühl.

257. Rauchkanäle.

Zur schematischen Fig. 130 gehören die Rauchkanäle, insbesondere wenn sie von mehreren Feuerungsstellen den Rauch einem gemeinsamen Schornstein zuführen.

Ihre Bewegungswiderstände müssten, wollte man streng verfahren, ebenso berechnet werden, wie hier für Luftleitungen im allgemeinen auseinandergesetzt wurde. Die Berechnung des Widerstandes der Luft in der Brennstoffschicht ist jedoch fast unmöglich; jedenfalls gewährt sie keine brauchbaren Ergebnisse. Die Rauchkanal-Widerstände sind wegen der Unbekanntschaft mit den Temperaturen auch nur sehr unsicher zu bestimmen. Man pflegt deshalb die Widerstände, welche die Luft im Feuer und der Rauch auf dem Wege erfährt, längs welchem er den nützlichen Teil der Wärme abgibt, auf Grund von Erfahrungen zu schätzen. Weiter unten werden hierüber einige Angaben folgen.

258. Rauchschornsteine.

Die **Schornsteine**, auch **Rauchschlote** oder **Raucheffen** genannt, haben die Rauchgase der Feuerungen abzuführen, d. h. den zur Ueberwindung der Widerstände nötigen Auftrieb hervorzubringen. Sie können auf folgende Weise berechnet werden.

Fig. 131.

Es sei Fig. 131 ein Schornstein, dessen Querschnitt auf der ganzen Höhe gleich bleibt, dessen Höhe h ist und in dem t_2 Grad warmer, γ_2 schwerer Rauch mit der Geschwindigkeit v sich bewegt. Die Temperatur der freien Luft sei t_1 Grad, ihr Einheitsgewicht γ_1, und die Bewegungshindernisse bis zum Fusse des Schornsteines seien p. Alsdann gewinnt man durch Gegenüberstellen des Auftriebes und der Widerstände

$$h(\gamma_1 - \gamma_2) = \gamma_2 \left(1 + 20 \varkappa h \frac{u}{q}\right) \frac{v^2}{2g} + p \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 124.$$

Es ist aber

$$v = \frac{\mathfrak{L}}{3600\, q \gamma_2}, \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 125.$$

wenn $\mathfrak{L}$ die stündlich zu fördernde Rauchmenge bezeichnet; sonach

$$h\left(\gamma_1 - \gamma_1 - \gamma_2 \cdot 20 \varkappa \frac{u}{q} \frac{\mathfrak{L}^2}{3600^2 q^2 \gamma_2^2} \frac{1}{2g}\right) = \gamma_2 \frac{\mathfrak{L}^2}{3600^2 q^2 \gamma_2^2} \frac{1}{2g} p,$$

und hieraus

$$h = \frac{\mathfrak{L}^2 + 3600^2 q^2 \gamma_2 p \cdot 2g}{(\gamma_1 - \gamma_2)(3600^2 q^2 \gamma_2 \cdot 2g) - 20 \varkappa \frac{u}{q} \mathfrak{L}^2} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 126.$$

Ferner gewinnt man aus Gleichung 124 u. 125

$$[h(\gamma_1 - \gamma_2) - p]\, q^2 = \left(1 + 20\,\varkappa\, h\, \frac{u}{q}\right) \frac{\mathfrak{L}^2}{3600^2 \gamma_2} \cdot \frac{1}{2g},$$

$$q = \sqrt{\frac{1 + 20\,\varkappa\, h\, \frac{u}{q}}{[h(\gamma_1 - \gamma_2) - p]\, 2g\, \gamma_2}} \cdot \frac{\mathfrak{L}}{3600} \quad \ldots \ldots \quad 127.$$

Endlich ist aus den Gleichungen 124 u. 125 abzuleiten, wenn man allgemein die Länge des Rauchweges, von der Stelle anfangend, wo die Widerstände zur Gröfse p sich angesammelt haben, bis zur Mündung des Schornsteines l und die innerhalb dieser Länge auftretenden, von Ablenkungen herrührenden Widerstände (vergl. Art. 225, S. 183) $\Sigma\xi$ nennt,

$$h(\gamma_1 - \gamma_2) = \gamma_2 \left(\Sigma\xi + 20\,\varkappa\, l\, \frac{u}{q}\right) \frac{1}{2g} \cdot \frac{1}{\gamma_2^2} \left(\frac{\mathfrak{L}}{3600\, q}\right)^2 + p,$$

oder

$$\gamma_2^2 - \left(\gamma_1 - \frac{p}{h}\right) \gamma_2 + \frac{\Sigma\xi + 20\,\varkappa\, l\, \frac{u}{q}}{2gh} \left(\frac{\mathfrak{L}}{3600\, q}\right)^2 = 0,$$

$$\gamma_2 = \frac{\gamma_1 - \frac{p}{h}}{2} \pm \sqrt{\left(\frac{\gamma_1 - \frac{p}{h}}{2}\right)^2 - \frac{\Sigma\xi + 20\,\varkappa\, l\, \frac{u}{q}}{2gh} \left(\frac{\mathfrak{L}}{3600\, q}\right)^2} \quad . \quad 128.$$

Das Zeichen vor dem Wurzelausdruck dieser Gleichung mufs unbedingt + sein, da das Einheitsgewicht γ_2 des Rauches umso kleiner zu machen ist, je gröfser die Rauchmenge und die Widerstände, je kleiner h und q sind.

Das Einheitsgewicht des Rauches ist aber nach Gleichung 74 (S. 184)

$$\gamma_2 = 1{,}25 - 0{,}0027\, t_2;$$

setzt man diesen Wert in Gleichung 128 ein, so gewinnt man

$$t_2 = 370 \left[1{,}25 - \frac{\gamma_1 - \frac{p}{h}}{2} - \sqrt{\left(\frac{\gamma_1 - \frac{p}{h}}{2}\right)^2 - \frac{\Sigma\xi + 20\,\varkappa\, l\, \frac{u}{q}}{2gh} \left(\frac{\mathfrak{L}}{3600\, q}\right)^2}\,\right] \quad 129.$$

Für gewöhnlich wird man $\gamma_1 = 1{,}2$, also $t_1 = 25$ Grad, $\frac{20\,\varkappa}{2g} = \frac{20 \cdot 0{,}00098}{19{,}6} = 0{,}001$ setzen können, wodurch Gleichung 129 sich vereinfacht zu

$$t_2 = 185 \left[1{,}3 + \frac{p}{h} - \sqrt{\left(1{,}2 - \frac{p}{h}\right)^2 - \frac{0{,}2\, \Sigma\xi + 0{,}001\, l\, \frac{u}{q}}{h} \left(\frac{\mathfrak{L}}{3600\, q}\right)^2}\,\right] \quad 129\,\text{a}.$$

B e i s p i e l e. α) Es sei gegeben: $\mathfrak{L} = 1600$ kg; $p = 8$ kg; $q = 0{,}66 \times 0{,}66 = 0{,}44$; $\frac{u}{q} = 6$; $t_2 = 150$ Grad, also $\gamma_2 = 1{,}25 - 0{,}0027 \cdot 150 = 0{,}85$; $t_1 = 25$ Grad, also $\gamma_1 = 1{,}3 - 0{,}004 \cdot 25 = 1{,}2$; die Länge des Schornsteines sei gleich seiner Höhe h und nur ein Ablenkungswiderstand $= \gamma_2 \cdot 1 \cdot \frac{v^2}{2g}$ am Fufse des Schornsteines vorhanden. Alsdann ist nach Gleichung 126

$$h = \frac{1600^2 + 3600^2 \cdot 0{,}44^2 \cdot 0{,}85 \cdot 19{,}6}{(1{,}2 - 0{,}85)\, 3600^2 \cdot 0{,}44^2 \cdot 0{,}85 \cdot 19{,}6 - 20 \cdot 0{,}001 \cdot 6 \cdot 1600^2} = 23{,}5\ \text{m},$$

und v berechnet sich zu etwa 2,2 m sekundlich.

β) Statt der vorigen feien die folgenden Angaben gemacht: $q = 0{,}5 \times 0{,}5 = 0{,}25$; $\frac{u}{q} = 8$; $h = 14$. Alsdann mufs nach Gleichung 129a

$$t_2 = 185 \left[1{,}3 + \frac{8}{14} - \sqrt{\left(1{,}2 - \frac{8}{14}\right)^2 - \frac{0{,}2 \cdot 1 + 0{,}004 \cdot 14 \cdot 8}{14} \left(\frac{1600}{3600 \cdot 0{,}25}\right)^2} \right] = 253 \text{ Grad}$$

fein. Um eine weniger hohe Temperatur des Rauches zu erhalten, bequemt man fich vielleicht, den Schornfteinquerfchnitt auf $q = 0{,}66 \times 0{,}66 = 0{,}44$ qm, alfo $\frac{u}{q} = 6$ und die Schornfteinhöhe auf 16 m zu erhöhen. Dann wird

$$t_2 = 185 \left[1{,}3 + \frac{8}{16} - \sqrt{\left(1{,}2 - \frac{8}{16}\right)^2 - \frac{0{,}2 \cdot 1 + 0{,}004 \cdot 16 \cdot 6}{16} \left(\frac{1600}{3600 \cdot 0{,}44}\right)^2} \right] = 209 \text{ Grad.}$$

Die hier gegebene Berechnungsweife der Schornfteine ift infofern ungenau, als fie den Wärmeverluft des Rauches innerhalb des Schornfteines unberückfichtigt läfst. Man kann diefen von vornherein in Rechnung ftellen, macht dadurch aber die Ausdrücke verwickelter (vergl. weiter unten die Berechnung der Saugfchornfteine), oder nachträglich den Wärmeverluft berechnen und ihm entfprechend die Temperatur des Rauches am Fufse des Schornfteines erhöhen. Im Beharrungszuftande ift der Wärmeverluft gemauerter Schornfteine meiftens klein genug, um vernachläffigt werden zu können; andererfeits ift der Wärmeverluft beim Inbetriebfetzen überhaupt nicht zu berechnen, weshalb fur gewöhnlich die Beftimmung der Schornfteinabmeffungen durch die Gleichungen 126, 127 u. 129a genügt.

259. Weite gewöhnlicher Schornfteine.

Die Schornfteine der Kamine und der gewöhnlichen Zimmeröfen pflegt man meiftens nicht zu berechnen [190]. Die Schornfteine der Kamine darf ich hier, da letztere in Deutfchland faft nur als fog. Kaminöfen, die ähnlich wie die erwähnten Zimmeröfen zu behandeln find, Verwendung finden, unberückfichtigt laffen.

260. Ruffifche Schornfteine.

Für Ofenheizung (und auch für Kochherdfeuerungen) werden gegenwärtig faft nur die engen oder fog. ruffifchen Schornfteine angewendet; fie erhalten einen kreisrunden, quadratifchen oder rechteckigen Querfchnitt. Die lichte Weite folcher Schornfteine wählt man meift zwifchen 12 bis 25 cm; fie hängt ab von der Gröfse der Feuerung, deren Rauch abzuführen ift, bezw. von der Anzahl der Oefen, die an einen und denfelben Schornftein angefchloffen werden. Für jeden einzuführenden Zimmerofen können hierbei ungefähr 70 qcm gerechnet werden; ein kleiner Küchenherd erfordert etwa den doppelten Schornfteinquerfchnitt; für noch gröfsere Feuerungen mufs man den Querfchnitt entfprechend vermehren [191].

Für Einzelöfen würde hiernach eine geringere Lichtweite (etwa 9 cm) als das kleinfte der oben genannten Mafse genügen. Die in mehreren deutfchen Bauordnungen geforderte Mindeftweite von 12 cm entfteht, wenn man im Mauerwerk ein Quadrat von $\frac{1}{2}$ Stein Seitenlänge ausfpart und die Innenflächen des fo gebildeten Schornfteines beftticht oder verputzt. Werden die Innenflächen nur ausgefugt, fo ergibt fich eine lichte Weite von 14 cm.

An einen Schornftein von 12 bis 14 cm Weite können zwei, an einen folchen von 15 cm Weite und darüber drei, bezw. mehr gewöhnliche Oefen angefchloffen werden.

Selbftverftändlich mufs man, fobald man möglichft enge Schornfteine verwenden will (was zweckmäfsig ift), auf die durch die Lage des Ofens und die Höhe des Gebäudes bedingte nutzbare Höhe des Schornfteines Rückficht nehmen, da mit

[190] Vergl. übrigens: Planat, P. *Chauffage et ventilation des lieux habités.* Paris 1880. S. 149 ff.

[191] Vergl.: Baumeister, R. Normale Bauordnung. Wiesbaden 1881. § 33, S. 48.

der Zunahme der nutzbaren Höhe feine Leiftungsfähigkeit, wenn auch nicht in geradem Verhältnis, wächft.

261. Befteigbare Schornfteine.

Für gröfsere Feuerftellen, fowie für offene Feuerungen find fog. weite oder befteigbare Schornfteine in Anwendung zu bringen. Ihr Querfchnitt foll ein Quadrat oder ein wenig davon abweichendes Rechteck bilden und $0{,}2$ qm grofs fein. Wird die lichte Weite über $0{,}60$ m gewählt, fo find Steigeifen anzubringen.

262. Ein Schornftein für mehrere Oefen.

Es wurde fchon angedeutet, dafs man mehrere Oefen an einen Schornftein lege. Dies ift, bei entfprechender Leiftungsfähigkeit der Schornfteine, unbedenklich, folange die Oefen in gleicher Höhe aufgeftellt, gleichzeitig in Benutzung find und dafür geforgt wird, dafs die einzelnen Rauchftröme beim Eintreten in den Schornftein einander nicht ftören. Letzteres erreicht man durch fteigende Lage der einzelnen in den Schornftein mündenden Rohre oder durch verfchiedene Höhenlage der gegenüberliegenden Mündungen. Die gleichzeitige Benutzung der Oefen ift nicht regelmäfsig durchzuführen. Sobald einer der Oefen nicht geheizt wird, tritt durch ihn vermöge der Saugkraft des Schornfteines kalte Luft in diefen und beeinträchtigt feinen Auftrieb. Gute Oefen geftatten jedoch, wenn ihre Türen gefchloffen find, nur geringen Luftmengen den Eintritt, fo dafs die entftehende Störung kaum merklich ift. So findet man, dafs zuweilen vier Oefen an einen entfprechend hohen Schornftein, der 15 bis 20 cm weit ift, mit Erfolg gelegt find.

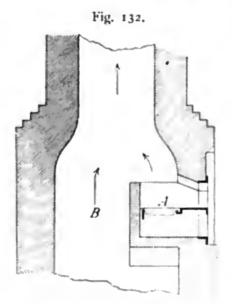
Sobald die Oefen in verfchiedenen Gefchoffen aufgeftellt find, können anderweitige, entfchieden unangenehme Störungen auftreten, welche ich hier in Rückficht auf den Raum nicht erörtern will, da fie aus der allgemeinen Befprechung der Bewegung der Luft in Kanälen abgeleitet werden können[192]).

Im allgemeinen ift es fonach am zweckmäfsigften, jeder Feuerftelle einen befonderen Schornftein zu geben, meiftens aber unzuläffig, in verfchiedenen Gefchoffen befindliche Feuerungen an einen und denfelben Schornftein zu legen.

263. Lockfchornfteine mit befonderer Feuerftelle.

Mit den Rauchfchornfteinen find die Saug- oder Lockfchornfteine, welche beftimmt find, Luft aus beftimmten Räumen zu faugen (vergl. Art. 236, S. 196), fehr nahe verwandt, weshalb ich ihre Berechnung bis an diefe Stelle aufgefpart habe. Sie beftehen im allgemeinen in einem Schornftein, in welchem die abzufaugende Luft erwärmt wird.

Fig. 132.



Lockfchornftein mit Lockfeuer.
1/100 w. Gr.

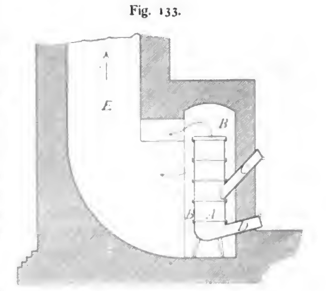
Fig. 132 zeigt den Durchfchnitt des unteren Teiles eines folchen Lockfchornfteines. Bei *A* befindet fich eine Feuerftelle, deren Rauch fich mit derjenigen Luft mifcht, welche bei *B* auffteigt. Infolge der Mifchung diefer Luft mit den heifsen Feuergafen gewinnt die Gefamtheit der Gafe eine mittlere Temperatur, welche den Auftrieb hervorzubringen hat.

Die Anordnung in Fig. 133 ift für eine fichere Mifchung des Rauches und der angefaugten Luft, alfo für fichere Erwärmung der letzteren günftiger. Zwei Kanäle *B*, welche winkelrecht gegen die Bildfläche gerichtet find (der eine liegt vor der Bildfläche und ift deshalb hinweggefchnitten), führen die

[192]) Vergl.: MEIDINGER. Anleitung zu Verfuchen mit dem Zugapparat. Badifche Gwbztg. 1875, S. 1.

zu fördernde Luft gegen den Ofen *A*. Dieſer beſteht aus einem lotrechten eiſernen Schacht, in welchen der Brennſtoff (Koke) mittels der Schlote *C* eingeworfen wird, während das Reinigen des Feuers und die Luftzufuhr unter Benutzung des Halſes *D* ſtattfindet. Die zu fördernde Luft erwärmt ſich teils an den ſehr warmen Wänden des Ofens, teils erfährt ſie ihre Erwärmung durch den aus dem oberen offenen Ende des Ofens entweichenden Rauch. Bei *E* iſt das Gemiſch hergeſtellt.

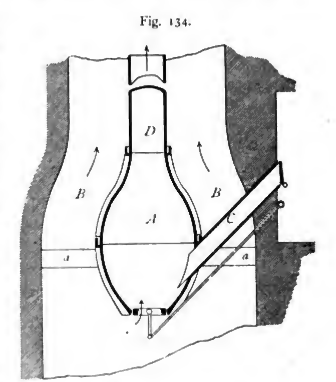
Fig. 133.



Lockſchornſtein mit Lockofen.
1/133 w. Gr.

Die Anordnungen in Fig. 132 u. 133 bedingen die Zuführung der Luft für Unterhaltung des Feuers von außen; es wird der Auftrieb des Lockſchornſteines benutzt, um das Feuer anzufachen. Vielfach will man die abzuſaugende Luft zur Speiſung des Feuers benutzen. Alsdann iſt durch einen beſonderen Schornſtein die Bewegung der Luft durch das Feuer zu vermitteln. Fig. 134 verſinnlicht eine derartige Einrichtung[193]). Ein birnenförmiger, gußeiſerner Ofen, welcher mittels des Schütthalſes *C* mit Brennſtoff verſorgt wird, iſt auf zwei im Mauerwerk des Schornſteines befeſtigte eiſerne Träger *a* geſtützt. Die zur Verbrennung dienende Luft tritt durch den Boden der Birne ein, wird alſo der abzuſaugenden Luft entnommen; die Rauchgaſe ſteigen im eiſernen Schornſtein *D* empor und miſchen ſich ſchließlich mit der Luft, welche der Schornſtein *B* enthält und welche vorher ſchon durch die heißen Wandungen des Ofens erwärmt wurde.

Fig. 134.



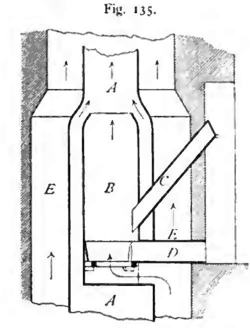
Lockſchornſtein mit Lockofen[193]).
1/30 w. Gr.

264.
Erwärmung durch Rauchlocköfen.

Den Rauch irgend einer Feuerungsanlage, welcher noch eine entſprechend hohe Temperatur beſitzt, benutzt man ebenfalls zum Erwärmen der Lockſchornſteine, indem man ihn in einem eiſernen Schornſtein aufſteigen läßt, welcher im Lockſchornſtein Platz gefunden hat, oder ihn mit der abzuſaugenden Luft ſich miſchen läßt. Kann man nicht auf das Vorhandenſein genügender Temperaturen rechnen, ſo oft der Zug- oder Lockſchornſtein tätig zu ſein hat, ſo fügt man wohl einen beſonders zu heizenden Lock-

193) Nach: Polyt. Journ., Bd. 222, S. 15

Fig. 135.



Lockfchornftein mit Rauchlockofen in der Charité zu Berlin.

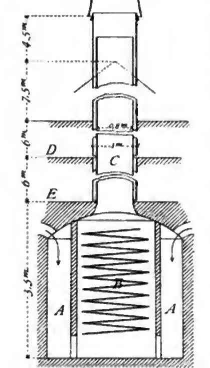
ofen hinzu. Fig. 135 verfinnlicht eine derartige Anordnung, wie fie in der Charité zu Berlin in Gebrauch ift.

A bezeichnet den Schornftein für den Rauch, der in der Regel allein die Heizung des Lockfchornfteines zu übernehmen hat oder doch eine erhebliche Wärmemenge zu diefem Zwecke abzugeben vermag. In einer Erweiterung des Schornfteines *A* ift der Lockofen *B* aufgeftellt, welcher mit Hilfe der Schlote *C* mit Brennftoff gefpeift, deffen Feuer von *D* aus gefchürt und deffen Verbrennungsluft der abzufaugenden Luft entnommen wird. Der Rauch des Schornfteines *A* mifcht fich mit dem Rauche des Lockofens über dem letzteren und erfährt hierdurch die erforderliche Erwärmung, welche dazu dient, unter Vermittelung der Wände des Schornfteines *A* die in *E* fich bewegende, abzufaugende Luft zu erwärmen.

Ein hierher gehöriges, hübfches Beifpiel bildet der Saugfchornftein in der Entbindungsanftalt zu Dresden[194]), welchem der erforderliche Wärmezufchufs durch mehrere freiftehende Oefen geliefert wird.

In manchen Fällen empfiehlt es fich, die Heizung der Lockfchornfteine mittels Dampf vorzunehmen. Fig. 136 ftellt eine entfprechende Anordnung, aus dem Krankenhaufe zu Amfterdam herrührend, in lotrechtem Schnitt dar[195]).

Fig. 136.



Lockfchornftein im Krankenhaufe zu Amfterdam.

1/100 w. Gr.

Die Abluft gelangt durch mehrere Kanäle zunächft in den ringförmigen Sammelraum *A*, tritt unter dem unteren Rande einer trommelförmigen Wand hindurch zur Dampffchlange *B*, erwärmt fich dort und fteigt fodann im eifernen Schlot *C* empor. Um eine Wärmezufuhr von der Aufsenfläche des Schornfteines *C* an die Krankenfäle *D* und *E* zu verhüten, ift *C* von einem Blechmantel fo umgeben, dafs der freibleibende Zwifchenraum von Luft durchftrömt wird.

265.
Erwärmung durch Leuchtgas.

Sofern Leuchtgas zur Verfügung fteht, empfiehlt fich zuweilen, diefes im Schornftein zu verbrennen, um den geforderten Auftrieb zu fchaffen. Man legt die mit Brennern verfehenen Gasrohre in Schornfteine von kreisförmigem Querfchnitt in Form eines Kreifes oder einer Spirale (Fig. 137), in rechteckige Schornfteine in Geftalt eines Rechens (Fig. 138).

Bisweilen benutzt man, wie in Art. 65 (S. 58) u. Art. 183 (S. 151) bereits angedeutet wurde, die Beleuchtungseinrichtungen für den gleichen Zweck, indem man die Wärme der Verbrennungsgafe zur Erzeugung des Auftriebes verwendet.

Der Rauch der Leuchtflammen follte in den zur Luftabführung dienenden Schlot, welcher dicht über dem Fufsboden mündet, geführt werden, um diefen zu erwärmen, fo dafs die Luftabführung möglichft zugfrei

[194]) Siehe: Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1883, S. 669.

[195]) Siehe: Gefundh.-Ing. 1884, S. 281.

erfolgt (vergl. Art. 220, S. 180). Bei mäfsiger Luftabführung, guter Einrichtung und forgfältiger Ueberwachung ift jedoch ein teilweifes Abfaugen durch die Decke, bezw. über den Beleuchtungsflammen zuläffig.

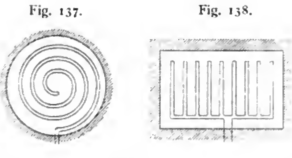


Fig. 137. Fig. 138.

Das in Fig. 37 (S. 58) dargeftellte Kugel- oder Lüftungslicht von *Rickets* erfullt, wenn auch in geringem Mafse, diefen Zweck, indem unmittelbar unter der Decke Luft aus dem erleuchteten Raume angefaugt und im ringförmigen Raume zwifchen den gleichachfigen Rohren D und E abgeführt wird.

Wirkfamer, aber auch leichter Zug verurfachend, find die Sonnenbrenner. Da fie aber nicht mehr im Gebrauch ftehen, fo fei nur auf die vorhergehenden beiden Auflagen (1. Aufl.: Art. 134, S. 165; 2. Aufl.: Art. 221, S. 202) des vorliegenden Bandes verwiefen.

266. Lockfchornftein ohne Rauchrohr.

Wie auch die Anordnung der Lockfchornfteine fein mag, fo findet die Erwärmung der abzufaugenden Luft ftatt: an einer Stelle oder längs eines Teiles der nutzbaren Höhe oder längs der ganzen nutzbaren Höhe des Schornfteines. Es laffen fich daher fämtliche Lockfchornfteine durch die drei Abbildungen Fig. 139 bis 141 verfinnlichen.

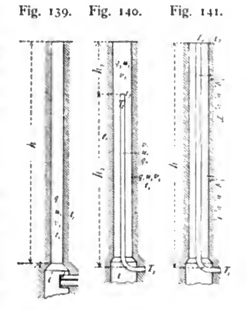


Fig. 139. Fig. 140. Fig. 141.

Die erforderliche Saugkraft p ift als bekannt vorauszufetzen; fie wurde auf Grund der früheren Erörterungen (Art. 256, S. 219) berechnet. In Fig. 139 tritt bei A zu der Luftmenge $\mathfrak{L}$, deren Temperatur t und deren Druck um p geringer ift als derjenige der äufseren Atmofphäre, der Rauch, deffen Gewicht ftündlich Q Kilogr. und deffen Temperatur T Grad beträgt. Die Einheitswärme c werde für beide zu $0{,}24$ angenommen.

Alsdann ift die zu fördernde Gasmenge $\mathfrak{L} + Q$, fonach deren Temperatur bei A, da $(\mathfrak{L} + Q)\, c\, t_2 = \mathfrak{L}\, c\, t + Q\, c\, T$ ift,

$$t_2 = \frac{\mathfrak{L}\, t + Q\, T}{\mathfrak{L} + Q}; \qquad 130.$$

ferner erhält man

$$Q = \mathfrak{L}\, \frac{t_2 - t}{T - t_2}, \qquad 131.$$

fowie

$$\mathfrak{L} + Q = \mathfrak{L}\left(1 + \frac{t_2 - t}{T - t_2}\right) \quad \text{oder} \quad \mathfrak{L} + Q = \mathfrak{L}\, \frac{T - t}{T - t_2} \qquad 132.$$

Während das Gemifch bis zur Mündung B des Schornfteines ftrömt, verliert es einen Teil feiner Wärme durch die Wände des Schornfteines, fo dafs feine Temperatur auf t_3 Grad finkt. Der Wärmeverluft fteht im geraden Verhältnis zum Temperaturunterfchied des Schornfteininneren und Schornfteinäufseren, ferner etwa der

inneren Oberfläche des Schornsteines $\frac{u_2 + u_3}{2} h$. Die stündlich von 1 qm bei 1 Grad Temperaturunterschied verloren gehende Wärme heifse k; alsdann ist

$$(\mathfrak{L} + Q) c t_2 - (\mathfrak{L} + Q) c t_3 = k h \frac{u_2 + u_3}{2} \left(\frac{t_2 + t_3}{2} - t_1 \right),$$

woraus die Gleichung entsteht:

$$\frac{t_2 + t_3}{2} = \frac{2 (\mathfrak{L} + Q) c t_2 + k h \frac{u_2 + u_3}{2} t_1}{2 (\mathfrak{L} + Q) c + k h \frac{u_2 + u_3}{2}} \quad \ldots \ldots \quad 133.$$

Die Geschwindigkeit v_2 bei A berechnet sich zu

$$v_2 = \frac{\mathfrak{L} + Q}{q_2 \,.\, 3600 \, \gamma_2} \quad \ldots \ldots \quad 134.$$

und diejenige an der Mündung des Schornsteines zu

$$v_3 = \frac{\mathfrak{L} + Q}{q_3 \,.\, 3600 \, \gamma_3} \quad \ldots \ldots \quad 135.$$

Der Auftrieb beträgt

$$\mathfrak{A} = h \left(\gamma_1 - \frac{\gamma_2 + \gamma_3}{2} \right) = 0{,}004 \, h \left(\frac{t_2 + t_3}{2} - t_1 \right); \quad \ldots \ldots \quad 136.$$

er ist den Widerständen $p + \mathfrak{W}$ gleichzusetzen, um Werte für h, q oder T u. s. w. zu gewinnen.

Bei solchem Verfahren entstehen jedoch sehr verwickelte Ausdrücke, weshalb es vorzuziehen ist, in folgender Weise vorzugehen.

Aus

$$0{,}004 \, h \left(\frac{t_2 + t_3}{2} - t_1 \right) = p + \mathfrak{W} \quad \ldots \ldots \quad 137.$$

ergibt sich

$$\frac{t_2 + t_3}{2} - t_1 = \frac{p + \mathfrak{W}}{0{,}004 \, h} \quad \ldots \ldots \quad 138.$$

Man setzt den Temperaturverlust $t_2 - t_3 = \Delta$, so dafs

$$t_2 = \frac{p + \mathfrak{W}}{0{,}004 \, h} + t_1 + \frac{\Delta}{2} \quad \ldots \ldots \quad 139.$$

wird. Ist h durch örtliche Verhältnisse gegeben, so schätzt man $\mathfrak{W}$ und Δ, so dafs t_2 aus Gleichung 139 leicht zu finden ist, setzt t_2 in Gleichung 132 ein, in welcher aufserdem nur die bekannten Gröfsen $\mathfrak{L}$, T und t vorkommen. Man schätzt ferner die Geschwindigkeit v (zwischen 1 und 4 m), um mit Hilfe der Gleichung 134, welche in

$$q_2 = \frac{\mathfrak{L} + Q}{v_2 \,.\, 3600 \, \gamma_2} \quad \ldots \ldots \quad 140.$$

umgesetzt wird, den Querschnitt des Schornsteines zu gewinnen, und prüft nunmehr mittels der Gleichung 133 und nach Umständen der Gleichung 137 die Richtigkeit der Schätzungen. Der Wärmeverlust kann indessen ebenso bequem, wie mittels der Gleichung 133, aber genauer nach Berechnung der Schornsteinabmessungen gewonnen werden.

Iſt h nicht durch örtliche Umſtände beſtimmt, ſo kann man t_2 annehmen; im übrigen ändert ſich das Verfahren nicht.

Die Gleichung 138 gewährt einen raſchen Ueberblick über die geringſte Gröſse von h, bezw. t_2, da das Glied $\frac{p + \mathfrak{W}}{0{,}004\, h}$ den weſentlichſten Einfluſs übt.

Beiſpiel: Es ſei $\mathfrak{L} = 12000^{kg}$ ſtündlich zu fördernde Luft, $p = 6^{kg}$ Geſamtwiderſtand bis zum Fuſse des Schornſteines, $t_1 = 25$ Grad = höchſte in Rechnung zu ſtellende Temperatur des Freien, $t = 20$ Grad = Temperatur der Abluft. Ferner ſei $h = 30^m$ und $T = 1200$ Grad = Temperatur des Rauches gegeben, ſowie $\mathfrak{W}$ zu $1{,}2^{kg}$ und Δ zu 12 Grad geſchätzt. Alsdann iſt nach Gleichung 139

$$t_2 = \frac{6 + 1{,}2}{0{,}004 \,.\, 30} + 25 + 6 = 60 + 31 = 91 \text{ Grad},$$

und hieraus $\gamma_2 = 0{,}94$.

Ferner ergibt ſich nach Gleichung 132 (S. 226)

$$\mathfrak{L} + Q = 12000 \frac{1200 - 20}{1200 - 91} = 12768 \quad \text{oder} \quad \text{rund} = 12770.$$

v werde zu 3^m geſchätzt; alsdann iſt nach Gleichung 140

$$q_2 = \frac{12770}{3 \,.\, 3600 \,.\, 0{,}94} = 1{,}258^{qm}.$$

Der Schornſtein ſoll quadratiſch mit a Meter Seite ausgeführt werden; dann iſt

$$a^2 = 1{,}258 \quad \text{und} \quad a = 1{,}12^m,$$

wofür $a = 4\frac{1}{2}$ Stein = $1{,}175^m$ geſetzt werden ſoll.

Sonach wird $\frac{u_2}{q_2} = \frac{4}{a} = 3{,}4$ und $q_2 = 1{,}38^{qm}$; daher

$$v_2 = \frac{12770}{1{,}38 \,.\, 3600 \,.\, 0{,}94} = 2{,}73^m.$$

Der Widerſtand $\mathfrak{W}$ beträgt, wenn am Fuſse des Schornſteines eine rechtwinkelige, nicht abgerundete Ablenkung ſtattfindet, oben aber die Luft frei abſtrömt,

$$\mathfrak{W} = 0{,}94\,(1 + 0{,}001 \,.\, 30 \,.\, 3{,}4 \,.\, 20) \frac{2{,}73^2}{19{,}6} = 1{,}07^{kg},$$

alſo etwas weniger als geſchätzt wurde. Wird nun die Wandſtärke des Schornſteines im Mittel 51^{cm}, ſo iſt die Seite der mittleren Quadratfläche 1,685, die wärmeübertragende Fläche = $1{,}685 \,.\, 4 \,.\, 30 = 202{,}2^{qm}$. Jedes Quadr.-Meter Backſteinmauer von 51^{cm} Dicke überträgt für 1 Grad Temperaturunterſchied (ſiehe Art. 171, S. 143) 1,1 Wärmeeinheiten; folglich beträgt der geſamte Wärmeverluſt

$$202{,}2 \,.\, 1{,}1\,(91 - 25) = 16870 \text{ Wärmeeinheiten},$$

welcher die Abkühlung des Schornſteininhaltes um

$$\Delta = \frac{16870}{12770 \,.\, 0{,}24} = 5{,}5 \text{ Grad}$$

veranlaſst, alſo weſentlich weniger, als oben ſchätzungsweiſe angenommen wurde.

Nach den weiter unten folgenden Angaben liefert 1^{kg} Kohle bei doppelter Luftzufuhr $22{,}5^{kg}$ Rauchgaſe; der Betrieb des Schornſteines erfordert ſonach, da ſtündlich $Q = 770^{kg}$ Rauch gebraucht werden, $\frac{770}{22{,}5} = 34^{kg}$ Kohlen.

Die Berechnung eines Saugſchornſteines, bei welchem der Abluft keine Rauchgaſe beigemiſcht werden (niedriger Ofen mit beſonderem Schornſtein, Dampf- oder Waſſerheizung), wird ebenſo durchgeführt, geſtaltet ſich aber inſofern einfacher, als dem Gewicht der zu fördernden Luft das zunächſt unbekannte Q nicht hinzuzufügen iſt.

267.
Lockſchornſtein mit ganzem Rauchrohre.

Verwandt hiermit iſt die Berechnung des Saugſchornſteines mit ganzem Rauchrohre (Fig. 141). Sie möge für die Unterlagen des vorigen Beiſpieles ($\mathfrak{L} = 12000^{kg}$, $p = 6$, $h = 30^m$, $t_1 = 25$ Grad, $t = 20$ Grad, $T_1 = 1200$ Grad = Anfangstempe-



ratur des Rauches, $T_2 = 200$ Grad = Austrittstemperatur des Rauches) durchgeführt werden.

Die Abluft wird durch die vom Rauchrohre abgegebene Wärme von t auf t_3 Grad erwärmt; ſomit iſt der Auftrieb nach Art. 233 (S. 193)

$$\mathfrak{A} = 0{,}004\, h \left(\frac{t + t_3}{2} - t_1\right),$$

welcher Wert $p + \mathfrak{W}$ gleichzuſetzen iſt, ſo daſs

$$\frac{t + t_3}{2} = \frac{p + \mathfrak{W}}{0{,}004\, h} + t_1,$$

$$t_3 = 2\, \frac{p + \mathfrak{W}}{0{,}004\, h} + 2 t_1 - t$$

wird. $\mathfrak{W}$ ſei zu 1 kg geſchätzt; der Wärmeverluſt der Abluft ſei vernachläſſigt.

Dann wird

$$t_3 = 2\, \frac{6 + 1}{0{,}004 \,.\, 30} + 2 \,.\, 25 - 20 = 147 \text{ Grad},$$

woraus $\frac{\gamma + \gamma_1}{2} = 0{,}97$ entſteht.

Zur Beſtimmung der erforderlichen Rauchmenge dient die Gleichung

$$\mathfrak{L}\, c\, (t_3 - t) = Q\, c\, (T_1 - T_2)$$

oder

$$Q = \frac{12000 \,.\, 127}{1000} = 1524^{\text{kg}}.$$

Die erforderliche Heizfläche F des Rauchrohres berechnet ſich aus

$$\mathfrak{L}\, c\, (t_3 - t) = F \left(\frac{T_1 + T_2}{2} - \frac{t + t_3}{2}\right) k,$$

oder

$$F = \frac{1}{k}\, \frac{2 \,.\, \mathfrak{L} \,.\, c\, (t_3 - t)}{T_1 + T_2 - t - t_3},$$

in welcher Gleichung $k = 8$ (ſiehe Art. 171, S. 144) eingeſetzt werden ſoll.

Alsdann wird

$$F = \frac{1}{8} \,.\, \frac{2 \,.\, 12000 \,.\, 0{,}24\, (147 - 20)}{1200 + 200 - 147 - 20} = \text{rund } 74^{\text{qm}}.$$

Der eiſerne Rauchſchornſtein möge einen runden Querſchnitt mit dem Durchmeſſer d erhalten, ſo daſs

$$F = d \pi h \quad \text{oder} \quad d = \frac{74}{30 \,.\, 3{,}14} = 0{,}785^{\text{m}} \text{ wird.}$$

So weit darf man, mit Rückſicht auf die geringe Rauchmenge, den Rauchſchornſtein nicht machen, weshalb er, um die nötige Heizfläche bei geringerer Weite zu erhalten (nach Fig. 142, obere Hälfte), mit Rippen ausgerüſtet werden ſoll. Es betrage der Durchmeſſer $0{,}10^{\text{m}}$, die Höhe der 30 Rippen $0{,}05^{\text{m}}$; die Fläche der letzteren leiſtet etwa $0{,}1$ mal ſo viel als die Mantelfläche. Sonach iſt die derart gerippte Rauchrohrfläche gleichwertig mit $(0{,}1 \,.\, 3{,}14 + 0{,}05 \,.\, 30 \,.\, 2 \,.\, 0{,}1)\, 30 = 73{,}65^{\text{qm}}$ Mantelfläche, genügt alſo der vorliegenden Aufgabe.



Der Luftquerfchnitt ift, wenn $v = 2{,}50$ m angenommen wird,

$$q = \frac{12000}{2{,}50 \cdot 3600 \cdot 0{,}97} = 1{,}368 \text{ qm}.$$

Hierzu kommt der Querfchnitt des Rauchrohres mit $0{,}19$ qm. Die Seitenlänge a des quadratifchen Schornfteines beträgt fonach

$$a = \sqrt{1{,}368 + 0{,}19} = 1{,}25 \text{ m},$$

wofür 5 Stein $= 1{,}31$ m gefetzt werden follen, fo dafs

$$v = \frac{12000}{3600\,(1{,}31^2 - 0{,}19) \cdot 0{,}97} = 2{,}24 \text{ m wird.}$$

Das Verhältnis $\frac{u}{q}$ wird $= 6{,}3$, alfo

$$\mathfrak{W} = 0{,}97\,[1 + 0{,}001 \cdot 20 \cdot 30 \cdot 6{,}3]\,\frac{2{,}24^2}{19{,}6} = 1{,}18 \text{ kg};$$

fomit ift $\mathfrak{W}$ gröfser als gefchätzt wurde, weshalb man entweder den Schornftein noch weiter macht, um v zu verringern, oder die rechtwinkelige Ablenkung am Fufse des Schornfteines gut abrundet, um ftatt $\gamma \cdot 1 \cdot \frac{v^2}{2g}$ vielleicht $\gamma \cdot 0{,}4\,\frac{v^2}{2g}$ einfetzen zu können.

Die erforderliche Rauchmenge $Q = 1524$ kg liefern $1524 : 22{,}3 =$ rund 70 kg Kohlen.

In dem foeben durchgeführten Beifpiele wurde, aus angegebenen Gründen, das Rauchrohr nach der oberen Hälfte der Fig. 142 gerippt angenommen, auch, entfprechend diefer Figur, der Querfchnitt des Saugfchornfteines quadratifch gemacht. Es bedarf kaum des Hinweifes, dafs der letztere ebenfowohl vieleckig oder kreisförmig gemacht werden kann; die Berechnungsweife ändert fich hierdurch nicht. Nicht felten empfiehlt es fich, wenn der Querfchnitt des Saugfchornfteines ein längeres Rechteck bildet, den Rauchfchornftein durch Einfetzen eiferner Platten, nach Fig. 143, zu bilden, wodurch der Lüftungsfchornftein in zwei Teile zerlegt wird. Die beiden Teile dürfen (vergl. Art. 256, S. 217) nicht gemeinfam an einem Raum oder Kanal faugen. Die Platten werden fodann, je nach Umftänden, mit Rippen verfehen oder glatt gelaffen.

Fig. 142.

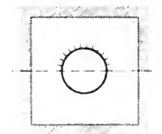
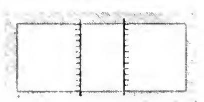


Fig. 143.



268. Lockfchornftein mit kurzem Rauchrohre.

Was nun endlich den Lockfchornftein mit kurzem Rauchrohr (Fig. 140) betrifft, fo kann ich mich mit allgemeinen Anführungen begnügen. Man berechnet den oberen Teil h_3 zunächft nach den zum erften Schornftein (Fig. 139) gegebenen Regeln, indem man einen Teil des p fchätzungsweife der Höhe h_2 zu bewältigen überläfst. Hierdurch gewinnt man einen Anhalt für die erforderliche Rauchmenge, fowie die Temperaturen des Rauches. Nunmehr berechnet man den Teil h_2 und vergleicht, ob die gemachten Annahmen zuläffig waren oder nicht, und wiederholt nach Umftänden das Verfahren fo oft, bis befriedigende Uebereinftimmung erzielt wird. Zu vergeffen ift nicht, dafs häufig die zur Verbrennung dienende Luft der Luftmenge $\mathfrak{L}$ entnommen wird (vergl. Fig. 134 u. 135), fo dafs fich $\mathfrak{L}$ um einiges verringert.

Wenn Rauch, welcher bereits zu anderen Zwecken verwendet wurde, beſtimmt iſt, einen Teil ſeiner Wärme zur Erwärmung der abzuſaugenden Luft herzugeben, ſo kennt man ſowohl die Rauchmenge, als auch die Rauchtemperatur und hat hiernach zu berechnen, was mit der verfügbaren Wärmemenge zu erreichen iſt.

269. Vergleich der drei Anordnungen.

Der Betrieb der Lockſchornſteine mit Rauchrohr iſt, wie durch ein Beiſpiel erörtert wurde, bei weitem koſtſpieliger als der Betrieb ſolcher, in denen die Erwärmung der Luft ſofort bei ihrem Eintritte in den Schornſtein nahezu an einem Punkte erfolgt. Die Betriebskoſten des Lockſchornſteines mit kurzem Rauchrohr fallen zwiſchen diejenigen der beiden vorher genannten Schornſteinarten.

Eigentümlicherweiſe finden trotzdem Lockſchornſteine mit ganzem Rauchrohr ſehr häufig Verwendung. Wenn man für ſie geltend macht, daſs ſie gegen das Zurücktreten des Rauches in die zu lüftenden Räume Sicherheit bieten, ſo iſt demgegenüber zu bemerken, daſs man in faſt allen Fällen durch zweckmäſsige Anlage des Schornſteines und der zugehörigen Kanalmündungen, ſowie durch Verwendung eines Auſſatzes, welcher die Einflüſſe der Windſtrömungen unſchädlich macht, die gleiche Sicherheit gewinnen kann. Sollten aber in beſonderen Fällen Bedenken übrig bleiben, ſo iſt doch immer möglich, die geſamte Heizfläche am Fuſse des Schornſteines zuſammenzudrängen, indem man durch die Rauchgaſe unmittelbar erwärmte Oefen aufſtellt, denen dann ein geſonderter gemauerter Schornſtein gegeben wird, oder mittels Waſſer oder Dampf erwärmte Heizkörper verwendet. Die erforderlichen Brennſtoffmengen werden hierdurch erheblich vermindert. Die Berechnung derartiger Anlagen findet nach dem Verfahren ſtatt, welches für an einem Punkte erwärmte Schornſteine beſprochen wurde; die Höhenlage dieſes Punktes, der zwiſchen dem oberen und unteren Ende des oder der Heizkörper liegt, iſt nach Art. 233 (S. 193) zu beſtimmen oder zu ſchätzen.

270. Höhe der Schornſteine.

Aus den gegebenen Formeln, ſowie aus den berechneten Beiſpielen geht ferner hervor, daſs die Höhe h des Schornſteines eine hervorragende Rolle ſpielt. Will man mit niedrigen Lockſchornſteinen eine nennenswerte Wirkung hervorbringen, ſo muſs die Temperatur der abgeführten Luft eine groſse werden, d. h. es wird ſehr viel Brennſtoff gebraucht. Daher iſt es allein zweckmäſsig — da die Höhenlage der Schornſteinmündung gegenüber den übrigen Bauwerken ein gewiſſes, von baulichen Rückſichten abhängendes Maſs nicht überſchreiten darf — die Abluftkanäle möglichſt tief im Lockſchornſtein münden zu laſſen, ſowie an dieſem tiefliegenden Orte die Erwärmungseinrichtung anzubringen.

271. Betriebskoſten.

In Bezug auf die Berechnung der Maſse der Flügelgebläſe verweiſe ich auf das in Art. 245 (S. 205) Geſagte.

Die Betriebskoſten der ſtündlichen Förderung jener 12000 kg Luft betragen täglich oder in 24 Stunden:

1) Bei Verwendung eines mittels Gasmaſchine betriebenen Flügelgebläſes, da die erforderliche Kraft nach Gleichung 108 mindeſtens

$$N = \frac{12000\,p}{100000} = \text{rund 1 Pferdeſtärke beträgt:}$$

für Brennſtoff	6,12	Mark
» Schmieröl und Kühlwaſſer	2,00	»
» Bedienung	2,20	»
» Abſchreibung und Zinſen	1,68	»
zuſammen	12,00	Mark.



2) Bei Verwendung des Lockſchornſteines nach Fig. 139, wenn 100 kg Kohle 1,7 Mark koſten:

für Brennſtoff	13,87	Mark
» Bedienung	2,50	»
» Abſchreibung und Zinſen	2,23	»
zuſammen	18,60	Mark.

3) Bei Verwendung des Lockſchornſteines nach Fig. 141:

für Brennſtoff	28,56	Mark
» Bedienung	2,50	»
» Abſchreibung und Zinſen	2,24	»
zuſammen	33,30	Mark.

Die Verwendung des Leuchtgaſes als Brennſtoff würde noch teuerer ſein.

Um jedoch hiernach die Preiswürdigkeit der vier angezogenen Luftbewegungsverfahren richtig zu beurteilen, ſind folgende Umſtände mit zu berückſichtigen.

Je geringer die zu fördernden Luftmengen ſind, umſo günſtiger ſtellen ſich die Lockſchornſteine im allgemeinen gegenüber den Gebläſen. Ebenſo nimmt der Koſtenunterſchied der mit Gas geheizten Lockſchornſteine gegenüber den mit feſten Brennſtoffen geheizten zu Gunſten der erſteren mit der Menge der zu fördernden Luftmenge ab, und zwar derart, daſs bei einer gewiſſen Kleinheit der Anlage die Gasheizung billiger iſt als irgend ein anderer Betrieb. Die Gründe hierfür liegen darin, daſs der Kraftbedarf, wie die ſonſtigen Betriebskoſten eines Gebläſes viel langſamer abnehmen als die Luftmenge, und ebenſo die Bedienungskoſten der mit feſten Brennſtoffen geheizten Lockſchornſteine mit der Kleinheit an Bedeutung gewinnen.

Die Bedienung einer Gasmaſchine erfordert einen ſachverſtändigen Mann; diejenige der Lockſchornſteine kann von gewöhnlichen Arbeitern, bezw. Mägden ausgeführt werden, und bei Gasheizung beſchränkt ſich die Bedienung auf die Regelung des Gaszufluſſes. Dies entſcheidet nicht ſelten gegen das Gebläſe.

Endlich liegt bei letzterem die Gefahr des Verſagens näher, während die Lockſchornſteine, angeſichts ihrer Einfachheit, faſt unbedingte Sicherheit für die jederzeitige Dienſttüchtigkeit bieten.

Bei ganz groſsen Anlagen empfiehlt ſich in vielen Fällen der Dampfmaſchinenbetrieb.

b) Lage und Längenprofil.

272. Schutz gegen Wärmeverluſte.

Wiederholt wurde darauf hingewieſen, daſs die Kanäle möglichſt gegen Wärmeverluſte zu ſchützen ſeien. Dies hat allgemeine Gültigkeit für warme Luft und Rauch. Man wird daher die betreffenden Kanäle trocken halten, da die anderenfalls eintretende Waſſerverdunſtung groſse Wärmemengen binden würde, und wird ſie möglichſt aus ſchlechten Wärmeleitern und mit dicken Wänden ausſtatten. Ebenſo wichtig iſt, die Kanäle tunlichſt geſchützt gegen die Einflüſſe der Temperatur des Freien und gegen Netzung ihrer Auſsenflächen zu ſchützen, d. h. die Kanäle im Inneren der Häuſer unterzubringen.

Hohe Schornſteine laſſen ſich jedoch, weil ſie ſich anders ſetzen und anders ausdehnen als die Mauern, nur dann in das Innere der Häuſer legen, wenn man ſie durch die Gebäudemauern ſchachtförmig einſchlieſsen läſst, ſo daſs, ſo weit als möglich, keine Verbindungen zwiſchen den höherliegenden Teilen des Gebäudes

und dem Schornsteingemäuer bestehen. In der Regel stellt man daher grofse und hohe Schornsteine frei auf.

Während der Wintermonate ist es ebenfalls von Vorteil, die Kanäle, welche die gebrauchte Luft aus den zu lüftenden Räumen führen, sofern diese Luftförderung nach oben gerichtet ist, in die Innenwände der Häuser zu legen. Im Sommer sind jedoch die in einer freien, von der Sonne beschienenen Aufsenwand liegenden Kanäle wirksamer. Wird die hinwegzuschaffende Luft nach unten abgeführt, so ist das Gegenteil des oben Gesagten der Fall. Die aufsteigenden Abluftkanäle, welche besonders erwärmt werden (zum Zweck der Erzeugung entsprechenden Auftriebes), verhalten sich gerade so wie die Schornsteine.

Kanäle für Zuführung kalter frischer Luft bedurfen keiner Rücksichtnahme auf den Wärmeaustausch ihrer Wände, es sei denn, dafs man in die Lage kommt, sie vor den Einwirkungen der Sommersonne zu schützen. Eine Rücksichtnahme gegen die Räume, welche an die Wandungen dieser Luftzuführungskanäle grenzen, ist jedoch notwendig, indem innerhalb der kalten Kanäle unter Umständen nahezu dieselbe Temperatur herrscht wie im Freien.

Die Kanale sind nach dem Gesagten regelmäfsig in die Innenwände zu legen; nur in besonderen Fällen empfehlen sich hierfür die Aufsenwände des Gebäudes.

273. Lage der Kanäle.

Die lotrechten Kanäle lassen sich verhaltnismafsig leicht in den Wänden unterbringen. Genügt die Dicke der gegebenen Wände nicht, um in ihnen die Kanale auszusparen, so werden einzelne Wände dicker gemacht oder auch wohl nischenartige Ausfüllungen der Zimmerecken hierfür verwendet. Manche Bauordnungen schreiben vor, dafs die lotrechten Kanäle ebensoweit von hölzernen Balken entfernt liegen müssen wie Rauchschornsteine. In diesem Falle ist die Balkenanordnung besonders nach der Lage der in Rede stehenden Kanäle zu treffen: man legt die Balken, um deren Auswechseln zu sparen, nach Fig. 144 gleichlaufend zu den Wänden, in welchen die Kanäle sich befinden, oder wählt zum Unterbringen der letzteren solche Wände, welche zwischen den Balken sich befinden, und verstärkt sie nach Umständen entsprechend. In einigen Fällen lassen sich gröfsere Kanalquerschnitte, bezw. Räume für Kanalbündel ohne Schädigung des Aussehens der Zimmer nach Art von Fig. 145 schaffen.

Fig. 144.

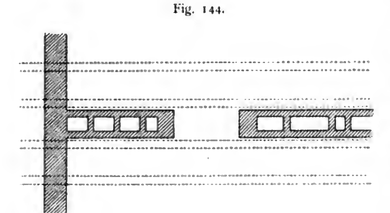
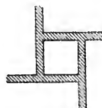


Fig. 145.



Weniger leicht ist das Unterbringen wagrechter und geneigter Kanäle. Diese mussen in, über oder unter den Decken Platz finden. Die sog. Zwickel der Deckengewölbe geben, wie Fig. 146 andeutet, hierzu oft willkommene Gelegenheit; der Kanal ist, um ihm einen möglichst grofsen Querschnitt zu geben, mittels Steinplatten abgedeckt, über welchen nach Umständen der Fliesenbelag oder der Holzfufsboden mit seinen Lagern sich befindet. Die Deckenhohlkehlen sind, wenn sie

z. B. aus Tonftücken zufammengefetzt werden, wie Fig. 147 erkennen läfst, in ähnlicher Weife zu verwenden. Gröfsere wagrechte Luftkanäle bildet man häufig, indem man über den Gängen — die des befferen Anfehens halber niedriger gehalten werden können als die anftofsenden Räume — doppelte Decken anbringt, die entweder gewölbt fein können, wie Fig. 148 angibt, oder aus mit Steinplatten belegten eifernen Trägern gebildet find, oder auch aus zwei gewöhnlichen geputzten Holzdecken beftehen können. Ich fah ein Gebäude, in dem man den fo gebildeten Raum nicht allein fur die wagrechten Luftleitungen, fondern auch für das Aufftellen der Heizkörper u. f. w. verwendet hat.

Fig. 146. Fig. 147.

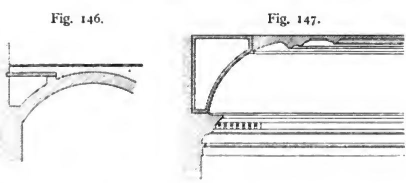
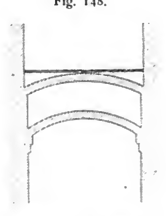


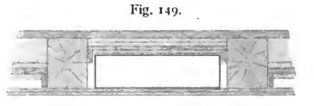
Fig. 148.



Kleinere Kanäle finden zwifchen den Balken einerfeits und Fufsboden und Schalung andererfeits Platz. Es ift gut — fofern die Kanäle kalte Luft zu leiten haben, fogar notwendig — fie aus verlötetem Blech herzuftellen, um das Ausftrömen der Luft an unerwünfchter Stelle zu hindern. Kaltluftkanäle follten auch niemals unmittelbar unter dem Fufsboden liegen, fondern von diefem durch eine, wenn auch dünne Sand- und Strohlehmfchicht getrennt fein, wie Fig. 149 erkennen läfst.

Die erwähnten Orte find häufig nur fchwer zugänglich zu machen, befahrbar fogar in feltenen Fällen. Man fucht daher die Kanäle unter dem Kellerfufsboden anzubringen, wofelbft — bei genügend tiefem Grundwafferftande — der Raum für gröfsere lichte Kanalhöhen nicht mangelt. Die wagrechten Kanäle für die Abführung der Luft aus den Räumen laffen fich hier immer unterbringen. Dienen fie dazu, die Luft behufs neuer Erwärmung den Heizkammern zuzuführen, fo ift felbftverftandlich, dafs fie am Boden der Heizkammer münden müffen, alfo eine tiefe Lage nicht ftört. Sollen fie die Luft einem Lockfchornftein zuleiten, fo ift ihre tiefe Lage ebenfalls erwünfcht. Die Kanäle für frifche Luft können ebenfo unbedenklich in diefer tiefen Lage angebracht werden; nur die Kanäle für warme Luft müffen aus weiter unten zu erörternden Gründen in höheren Lagen Platz finden. Nicht felten hängt man die Kanäle unter die Decken.

Fig. 149.



Alle Kanäle, die zur Führung derjenigen Luft dienen, welche in die Zimmer gelangen foll, alfo diejenigen fowohl, welche frifche Luft zuführen, als auch diejenigen, welche die Luft der Zimmer zu wiederholter Erwärmung in die Heizkammern geleiten, find in Rückficht auf Reinhaltung anzulegen. In ihnen lagert fich Staub tierifchen, pflanzlichen und mineralifchen Urfprunges ab; diefer wird von der bewegten Luft wiederholt aufgewirbelt und in die Zimmer geführt; erfterer

zerfetzt fich und erzeugt üble Gerüche. Durch Zufall gelangt auch Ungeziefer in die Kanäle; feine faulenden Leichen verpeften die Luft. Die Kanäle können fogar Brutherde gefährlicher Bakterien werden.

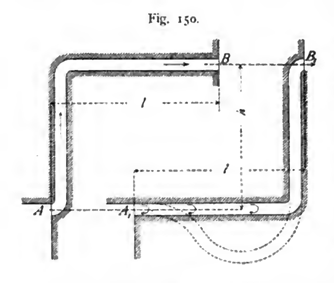
Man mufs daher die Kanäle, foweit fie mehr oder weniger wagrecht liegen, befahrbar oder doch fo zugänglich machen, dafs man fie von Zeit zu Zeit zu reinigen vermag, und die unvermeidlich engen Kanäle lotrecht oder fo anlegen, dafs man fie durchblicken und nach Umftänden mit einer Bürfte fäubern kann.

In Bezug auf Feuerficherheit der Schornfteine beftehen in verfchiedenen Ländern verfchiedene baupolizeiliche Vorfchriften, weshalb an diefem Orte nicht auf fie einzugehen ift. Verftändig angelegte Luftkanäle werden niemals bis zur Entzündungstemperatur des Holzes erwärmt; jedoch haben die Luftkanäle für die Feuerficherheit eines Gebäudes die grofse Bedeutung, dafs fie zur Fortleitung eines Brandes, unter Umftänden fogar zu feiner Anfachung dienen können, indem fie zu Schornfteinen werden.

274
Längenprofil der Kanäle.

Das Längenprofil eines Luftkanals kann gleichfam beliebig gewählt werden, wenn die Luft mittels einer äufseren, druckend oder faugend wirkenden Kraft (Flügelbläfer, Strahlbläfer, Lockfchornftein) bewegt wird. Soll dagegen der eigene Auftrieb die Luft bewegen, fo find beim Entwerfen des Längenprofils beftimmte Rückfichtnahmen erforderlich. Im Beharrungszuftande werden die beiden Kanäle AB und A_1B_1 (Fig. 150), welche die Luft auf die gleiche Höhe h und Länge l von A, bezw. A_1 nach B, bezw. B_1 mittels des Auftriebes fördern follen, fich genau gleich verhalten. Nicht fo bei der Inbetriebfetzung. Die Wärme der bei A einmündenden Luft wird zunächft zum Erwärmen des fteigenden Teiles des Kanals AB verwendet, fo dafs der gewünfchte Auftrieb fehr bald vorhanden ift; die bei A_1 eintretende Luft mufs dagegen zunächft den liegenden Teil des Kanals A_1B_1 erwärmen, bevor die Bildung des Auftriebes im lotrechten Teile erfolgen kann. Im Kanal AB tritt ein geringer Auftrieb fehr bald ein; er erzeugt eine entfprechende Luftbewegung in fteigender Richtung und führt neue Mengen warmer Luft herbei, welche die Wände mehr und mehr erwärmen. Im Kanal A_1B_1 dagegen mufs die zum Erwärmen des liegenden Teiles erforderliche warme Luft entweder durch einen vor A_1 fchon vorhandenen Auftrieb (z. B. der Heizkammer) oder durch Nebenftrömungen herangeführt werden. Die warme Luft tritt an die Decke des liegenden Teiles, kühlt fich, diefe erwärmend, ab und finkt zu Boden, um nach A_1 zurückzufliefsen. So fetzen fich die Nebenftrömungen allmählich fort, bis die Erwärmung am Fufse des fteigenden Kanalteiles angelangt ift. Hierzu ift oft eine fehr lange Zeit erforderlich; ich felbft beobachtete eine Heizungsanlage, bei welcher der Vorgang faft eine Woche währte. Treten noch die früher genannten Einflüffe des Temperaturwechfels hinzu, oder münden beide Kanäle in einer und derfelben Heizkammer, fo ift es möglich, dafs das Inbetriebfetzen des Kanals A_1B_1 überhaupt nicht gelingt.

Fig. 150.



Noch ärger verhält ſich die punktierte Kanalanlage $A_1 B_1$, indem bei dieſer natürlich von einem Fortſchreiten der die Länge l erwärmenden Nebenſtrömungen nicht die Rede ſein kann.

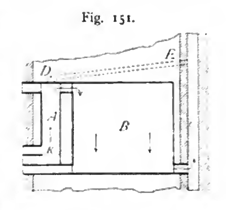
Man wird daher, um Luft mittels ihres eigenen Auftriebes von einem Punkte zum anderen zu fuhren, den Kanal zunächſt ſteigen zu laſſen ſuchen und erſt alsdann in wagrechter Richtung weitergehen laſſen; iſt eine ſolche Anordnung aus örtlichen Gründen unmöglich, ſo darf wenigſtens das Längenprofil bis zum ſteigenden Teile nicht der punktierten Form $A_1 B_1$ (Fig. 150) ähnlich ſein, ſondern ſoll auch hier eine ſtetige, wenn auch geringe Steigung haben.

Der Auftrieb, welcher in der Heizkammer ſelbſt erzeugt wird, wirkt in gleicher Richtung; hier iſt die Bewegungsrichtung der erwärmten Luft ebenfalls zunächſt eine lotrecht aufſteigende, weshalb ſie die nötige Anregung zur Luftbewegung ſofort nach der Lufterwärmung zu geben vermag.

275. Rauchkanäle mit Wärmeabgabe.

Die Rauchkanäle, in denen die Wärme des Rauches abgegeben werden ſoll, verhalten ſich ähnlich. Fig. 151 ſtelle einen ſolchen Rauchkanal ſchematiſch dar. Bei R finde die Wärmeentwickelung ſtatt; der Rauch ſtrömt im Schacht A lotrecht nach oben und verliert darin, weil A verhaltnismäſsig kleine Oberflachen beſitzt, wenig Wärme; er ſinkt in B nieder, weil hier eine der groſsen Oberfläche von B entſprechende ſtarke Abkühlung erfolgt, und entweicht ſchlieſslich in den Schornſtein C. Der Inhalt von B iſt hier immer kälter als der Inhalt von A; ſonach iſt ein Auftrieb zwiſchen A und B vorhanden, welcher die Bewegung einleitet, namentlich auch Rauch in den Schornſtein C, behufs ſeiner allmählichen Anwärmung, führt. Hierbei kann jedoch — wenn die Temperatur in C gleich iſt der des Freien — in B ein Ueberdruck der Umgebung von B gegenüber auftreten, infolgedeſſen der Rauch nicht allein in den Schornſtein C, ſondern auch durch alle etwaigen Undichtheiten des Ofenkaſtens B entweicht und die ihn umgebende Luft verunreinigt. Sobald der Schornſtein C erwärmt iſt, hört dieſes »Rauchen« des Ofens auf. Um den genannten Uebelſtand zu vermeiden, bringt man oft am Fuſse des Schornſteines C ein beſonderes Lockfeuer an, welches zu ſeinem vorherigen Anwärmen benutzt wird, oder ſchaltet zwiſchen den Kopf des Schachtes A und den Schornſtein ein Rohr DE ein, welches zunächſt von dem wenig abgekuhlten Rauche des Schachtes A einen Teil ſo in den Schornſtein führt, daſs letzterer möglichſt raſch erwärmt wird. Nachdem dieſes geſchehen, ſperrt man den Rauchweg DE, um ſämtlichen Rauch in die vorhin genannte Bahn zu zwingen. Das Rohr DE hat jedoch, wegen der hohen, darin auftretenden Temperaturen, nur geringe Dauer.

Fig. 151.



c) Konſtruktion.

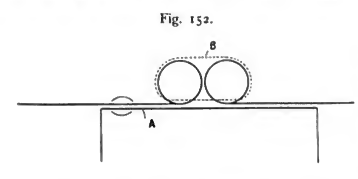
276. Kanäle aus Eiſen- Zinkrohren.

Kanäle, Luft- und Rauchrohre werden, wenn von den Rauchrohren der Zimmeröfen abgeſehen wird, ſelten aus Eiſenblech hergeſtellt. Die Verwendung des Zinkbleches beſchränkt ſich auf die Fälle, in denen man Kanäle in das Gebälke legt. In den Vereinigten Staaten von Nordamerika ſtellt man an Decken zu hängende Luftkanäle häufig aus verzinktem Eiſenblech her[196]).

[196]) Vergl.: Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ing. 1894, S. 183.

Die Enden der einzelnen Rohr- oder Kanalſtücke verſteift man (nach Fig. 152) mittels Wulſte, in welche Eiſenringe gelegt ſind. In je ein Ende jedes Stückes iſt ein Fortſatz *A* genietet, welcher gut in das folgende Stück paſst. Die zuſammengeſteckten Stücke werden durch Bindedraht *B* zuſammengenäht. So wird eine Verbindung geſchaffen, welche genügend dauerhaft iſt, aber auch behufs des Reinigens leicht gelöſt werden kann. Um Wärmeverluſte zu mindern, werden die Rohre mit Filz oder dergl. umkleidet.

Fig. 152.



Gußeiſen wird namentlich zu den Rauchrohren der Lockſchornſteine gebraucht. Einige Techniker ſtützen die einzelnen Teile dieſer Rauchrohre unmittelbar aufeinander. Zweckmäſsiger iſt die Verbindung der wagrechten Fugen der in Rede ſtehenden Eiſenteile nach Fig. 153. Der obere Rand jeder Platte oder jedes Ringes *A* trägt eine Rille *B*, in welche der untere Rand *C* des nächſtfolgenden Stückes eintaucht. Der Spielraum zwiſchen den Innenflächen der Rille und dem Rande *C* wird mit Sand ausgefullt und jedes Eiſenſtück für ſich aufgehängt, ſo daſs ſowohl eine genügende Dichtung der Fuge erzielt, als auch — da die untere Fläche von *C* nicht auf den Boden der Rille *B* ſtöſst — jedem Ringſtück oder jeder Platte Raum fur die eigene Ausdehnung gegeben wird. Die Rille *B* kann ſowohl mitten auf der Wand *A* ſtehen, als auch ſeitwärts davon angebracht werden; in letzterem Falle muſs ſelbſtverſtändlich der untere Teil von *C* verkröpft ſein.

Fig. 153.

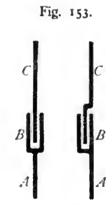
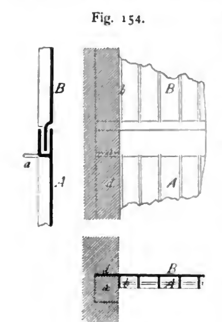


Fig. 154 ſtellt die Einzelheiten des Querſchnittes in Fig. 143 (S. 230) in zwei lotrechten und einem wagrechten Schnitt dar. Die hier gerippten Eiſenplatten *A* und *B* greifen längs ihrer wagrechten Ränder ſo ineinander, wie vorhin angegeben. Behufs Aufhängung der Platte *A* befinden ſich an dieſer zu beiden Seiten des oberen Randes Lappen *a*, welche in den Fugen des Mauerwerkes ihre Stütze finden. Die äuſseren Rippen *b* erhöhen den ſeitlichen dichten Abſchluſs der Platten, der ſchon durch den in das Mauerwerk ragenden Rand *d* hervorgebracht iſt.

Fig. 154.

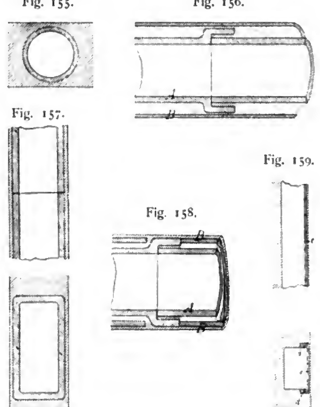


277.
Kanäle
aus
Tonrohren.

Tönerne Rohre, namentlich innen glaſierte, finden Verwendung für in verhältnismäſsig dünnen Wänden unterzubringende lotrechte Kanäle und wenn Leitungen unter einer Decke aufgehängt werden müſſen.

Fig. 155 iſt ein wagrechter Schnitt eines lotrechten Kanals, wenn ein rundes Rohr benutzt wird; Fig. 157 läſst erkennen, daſs Rohre von rechteckigem Querſchnitt den zur Verfügung ſtehenden Raum beſſer ausnutzen. Das äuſsere Maſs der Rohre muſs ſo gewählt werden, daſs der Wandputz über ihre Auſsenflächen hinweggeht. Man kann alsdann die Rohrſtücke ſtumpf aufeinanderſtellen, indem der Wandputz die betreffende Fuge genügend dichtet. Die Rohre dürfen erſt auf-

geftellt werden, nachdem die Wände fich nicht mehr »fetzen«, weil anderenfalls Riffe entftehen, ja vielleicht die Rohre berften würden. Hierdurch ift die Verwendung derartiger Kanäle fehr eingefchränkt.


Fig. 155. Fig. 156. Fig. 157. Fig. 158. Fig. 159.

Die aufzuhängenden Rohre werden mittels Muffen gedichtet. Zum Schutze gegen Wärmeverlufte fchiebt man muffenlofe Rohre *B* (Fig. 156) über die Leitungsrohre *A* und füllt den Hohlraum zwifchen beiden mit einem fchlechten Wärmeleiter aus, vielleicht mit Sand oder Infuforienerde. Behufs Erfparung an Raum und Gewinnung eines guten Ausfehens werden die Schutzrohre *B* (Fig. 158) auch zwifchen die Muffen der Leitungsrohre gefteckt; fodann überzieht man das Ganze mit Putz.

278.
Hölzerne Kanäle.

Hölzerne Kanäle finden nur felten Verwendung; jedoch gebraucht man zuweilen Holz in Verbindung mit Mauerwerk.

Fig. 159 zeigt beifpielsweife die Konftruktion eines lotrechten Kanals im wagrechten und lotrechten Schnitt. Er ift in einer Wand ausgefpart; auf zwei lotrechte Hölzer *d, d* find Schalbretter *c* genagelt und diefe gerohrt und geputzt, fo dafs die Wandfläche fchlicht wird.

Bei fehlerhaften Anlagen, bezw. unverftändiger Benutzung folcher Kanäle kann die Temperatur der Heizluft über 120 Grad (bei welcher Temperatur das Holz fich fchon bräunt) fteigen, fo dafs bei gröfserer Dauer folchen Betriebes das von der Luft berührte Holzwerk fich entzündet. Man ficht deshalb meiftens davon ab, für Heizluftkanäle Holz zu verwenden. Ein bequemer und zweckmäfsiger Erfatz der Holzbretter bietet fich nun in den fog. *Rabitz*'fchen Platten; dies find bekanntlich von beiden Seiten mit Mörtel beworfene Drahtgitter, welche wie Bretter (unter Dichtung der Fugen mittels Mörtel) zufammengefügt werden oder denen man von vornherein die Geftalt der Kanäle gibt. (Siehe auch Teil III, Bd. 2, Heft 1, Abt. III, Abfchn. 1, A, Kap. 10 diefes »Handbuches«.)

279.
Gemauerte Kanäle.

Die meiften Kanäle werden aus Backfteinmauerwerk hergeftellt. Man putzt alsdann wohl die inneren Flächen, um eine gröfsere Glätte zu gewinnen, wogegen an fich nichts einzuwenden ift. Bei engeren Kanälen mufs man jedoch das Putzen während des Aufmauerns ausführen; hiernach tritt das Setzen ein, fo dafs der auf den Fugen liegende Putz zerbröckelt wird und den Kanal, auch die durch diefen geleitete Luft, verunreinigt. Für engere Kanäle follte deshalb ftets Rohbau angewendet werden, d. h. (vergl. Fig. 160) die Fläche des Mauerwerkes, welche dem Kanal zugewendet ift, möglichft forgfaltig gemauert, auch die Fugen von hervordringendem Mörtel gereinigt werden.

Fig. 160.

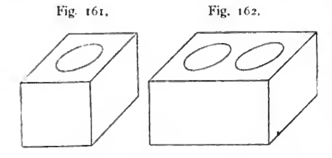
280. Gewöhnliche Schornfteine.

Bei Schornfteinen kommt das Verunreinigen des durch fie geleiteten Rauches nicht in Frage; das Putzen der Innenwandungen ift jedoch auch für diefe von zweifelhaftem Nutzen, da der Putz vorwiegend zum guten Verfchliefsen der Fugen dienen könnte, aber gerade hier leicht zerbröckelt wird. Ein forgfältiges Ausfugen der Innenflächen des Schornfteinmauerwerkes ift deshalb auch hier dem in einer Dicke von 1 bis $1\frac{1}{2}$ cm aufzutragenden Putze vorzuziehen. Das Schornfteinmauerwerk foll auch an den Aufsenfeiten gut verputzt oder forgfältig ausgefugt werden.

Enge (ruffifche, vergl. Art. 260, S. 222) Schornfteine von quadratifchem und von rechteckigem Querfchnitt, und zwar fowohl diejenigen, welche in vollen Mauern ausgefpart, als auch folche, welche in Fachwerkwände eingefchaltet[197]), bezw. vor diefe gefetzt oder welche ganz freiftehend errichtet werden, können mit Backfteinen der gebräuchlichen Abmeffungen, bezw. des Normalformats im Verband ausgeführt werden, fobald die lichten Weiten der Querfchnitte, den Mauerftärken entfprechend, in Abftufungen von $\frac{1}{2}$ Stein, die lichten Längen der Querfchnitte in Abftufungen von $\frac{1}{4}$ Stein gewählt werden. (Vergl. die umftehenden Fig. 163 bis 172 mit Schornfteinquerfchnitten von $\frac{1}{2}$ auf $\frac{1}{2}$, $\frac{1}{2}$ auf $\frac{3}{4}$, $\frac{1}{2}$ auf 1, 1 auf 1 Stein; ferner das über »Schornfteinverbände« in Teil III, Bd. 1, Abt. I, Abfchn. 1, Kap. 2, unter a, 5 Gefagte.) Rechteckige Schornfteine mit anderen Lichtweiten find daher nur fchwer, kreisrunde Schornfteine (für Zimmeröfen) mit den gewöhnlichen Backfteinen gar nicht auszuführen, fobald man das häufige Zerfchlagen und Zuhauen der Steine, wodurch fchlechter Verband, unfchöne Flächen und koftfpielige Arbeit verurfacht werden, vermeiden will.

Aus diefem Grunde ift auch das in manchen Gegenden übliche Verfahren der Herftellung runder Schornfteine in der Weife, dafs ein mit Handgriff verfehener, walzenförmiger Holzkern oder ein zylindrifches Blechrohr mit Steinbrocken und Mörtel ummauert und die Putzflächen der Innenwandung durch Heraufziehen und Drehen diefes Kernes hergeftellt werden, keineswegs zu empfehlen. Infolgedeffen follen enge kreisrunde Schornfteine, die in den Mauern felbft herzuftellen, bezw. auszufparen find, nur mit Rohren aus gebranntem Ton (was jedoch nur bei lotrechten Schornfteinen ftatthaft ift) ausgefuttert werden, oder fie find aus befonderen Formfteinen herzuftellen[198]). Auch hohle Formftücke (Fig. 161 u. 162) kommen zur Anwendung[199]).

Fig. 161. Fig. 162.



281. Sonftige konftruktive Einzelheiten der Schornfteine.

Ueber die Abmeffungen der Schornfteine wurde bereits in Art. 260 (S. 222) das Erforderliche gefagt. Die Wanddicke hat bei runden Schornfteinen mindeftens 9 cm, bei Schornfteinen von rechteckigem Querfchnitt mindeftens 12 cm (= $\frac{1}{2}$ Stein)

[197]) Ueber die Anordnung diefer Einfchaltung fiehe: Teil III, Band 2, Heft 1 (Abt. III, Abfchn. 1, A, Kap. 7) diefes »Handbuches«.

[198]) In Frankreich werden auch die engen Schornfteine von quadratifchem oder rechteckigem Querfchnitt (mit ausgerundeten Ecken) aus Formfteinen hergeftellt.

Solche Formfteine zeigen Fig. 167 bis 172. Die in Frankreich unter dem Namen *Équerre*, *Plat à barbe*, *Violon* und *Chapeau de commiffaire* üblichen Formfteine, ferner die von *Gourlier* eingeführten T-förmigen Formfteine, endlich die von *Courtois* herrührenden Formfteine für Schornfteine von elliptifchem Querfchnitt find in: PLANAT, P. *Chauffage et ventilation des lieux habités* (Paris 1880. S. 254—256) zu erfehen. — Siehe auch: Neue Mauerfteinform zur Herftellung von ruffifchen Röhren und neuen Mauerverbänden von *Robert Scharf*. Baugwks.-Ztg. 1893, S. 1002.

[199]) Ueber die von *Fouronge* u. a. herrührenden derartigen Formftücke fiehe: PLANAT, P. *Chauffage et ventilation des lieux habités*. Paris 1880. S. 253, 256 u. 257.

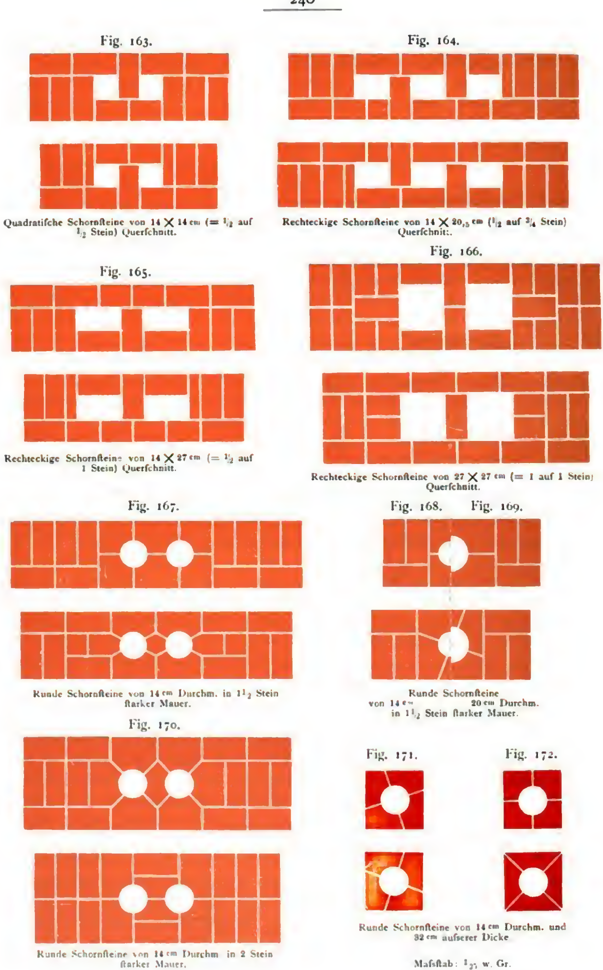


Fig. 163.

Quadratiſche Schornſteine von 14 × 14 cm (= 1/2 auf 1/2 Stein) Querſchnitt.

Fig. 164.

Rechteckige Schornſteine von 14 × 20,5 cm (1/2 auf 3/4 Stein) Querſchnitt.

Fig. 165.

Rechteckige Schornſteine von 14 × 27 cm (= 1/2 auf 1 Stein) Querſchnitt.

Fig. 166.

Rechteckige Schornſteine von 27 × 27 cm (= 1 auf 1 Stein) Querſchnitt.

Fig. 167.

Runde Schornſteine von 14 cm Durchm. in 1 1/2 Stein ſtarker Mauer.

Fig. 168. Fig. 169.

Runde Schornſteine von 14 cm 20 cm Durchm. in 1 1/2 Stein ſtarker Mauer.

Fig. 170.

Runde Schornſteine von 14 cm Durchm. in 2 Stein ſtarker Mauer.

Fig. 171. Fig. 172.

Runde Schornſteine von 14 cm Durchm. und 32 cm äuſserer Dicke.

Maſsſtab: 1/25 w. Gr.

zu betragen, vorausgesetzt, dafs diese Schornsteine im Inneren der Gebäude gelegen sind. In $1\frac{1}{2}$ Stein starken Backsteinmauern können deshalb bei Anwendung von Formsteinen runde Schornsteine bis zu 20 cm (ohne Putz) lichter Weite (siehe Fig. 169) ausgeführt werden; einzelne freistehende Schornsteine von 14 bis 20 cm lichtem Durchmesser erfordern im Aeufseren bezw. 32 bis 38 cm Quadratseite. (Vergl. auch Fig. 171 u. 172.)

Ist eine Schornsteinmauer nach dem Freien zu gelegen, so ist an dieser Seite, um eine zu grofse Abkühlung der Rauchgase zu verhüten, die Mindestwanddicke der Schornsteine auf 25 cm (= 1 Stein) zu erhöhen.

Liegen in einer Mauer mehrere Schornsteine nahe nebeneinander, so sind die sie trennenden Scheidungen oder Zungen mindestens 9 cm dick zu machen; indes wird man bis auf dieses Mindestmafs nur bei Formsteinen herabgehen können; bei Anwendung gewöhnlicher Backsteine wird es 12 cm (= $\frac{1}{2}$ Stein) betragen. Die hie und da übliche Herstellung der Schornsteinzungen aus hochkantig gestellten Backsteinen (also in einer Stärke von nur 6,5 cm) ist unzulässig; hierdurch wird nicht nur ein guter Verband unmöglich gemacht, sondern derartige schwache Zungen können auch beim Reinigen der Schornsteine durch das Anschlagen der hierzu verwendeten Kugeln beschädigt werden.

Die für im Inneren der Gebäude gelegene Schornsteine angegebenen Mindestwanddicken (von 9, bezw. 12 cm) genügen bei gut und ordnungsmäfsig ausgeführten Anlagen auch dann, wenn Bretter und Latten in Decken, Wänden und Fufsböden dagegen stofsen. Von sonstigem Holzwerk mufs, da jeder Schornstein die Gefahr der Rufsentzündung in sich trägt, seine Innenwandung mindestens 20 bis 25 cm entfernt bleiben; werden die betreffenden Holzteile durch Blechbekleidung oder durch Ausmauerung des zwischen ihnen und dem Schornstein gelegenen Zwischenraumes geschützt, so kann der erwähnte Mindestabstand um etwa 5 cm vermindert werden.

Sowohl rechteckige wie kreisrunde Schornsteine sollen auf ihre ganze Länge in gleicher Lichtweite hergestellt und durch keinerlei in sie hineinragende Gegenstände stellenweise verengt werden. Wie später noch beim Reinigen der Schornsteine (siehe Art. 298) gezeigt werden wird, empfiehlt es sich, sie bis in das Kellergeschofs hinabzuführen. Es wird ferner von den Schornsteinen gefordert, dafs sie entweder auf sicherem Baugrund errichtet seien oder sicher und ausschliefslich auf Mauern, Gewölben oder geeigneten Eisenkonstruktionen aufruhen. Das Aufsetzen der Schornsteine auf Holzgebälke oder ihre Unterstützung durch Fachwerkwände ist unstatthaft. Die durch Schornsteine durchschnittenen Gebälke müssen in der Weise ausgewechselt werden, wie dies bereits in Teil III, Band 2, Heft 2 (Abschn. 2, B: Balkendecken) gezeigt wurde [200].

282. Schleifen der Schornsteine.

Das sog. Schleifen oder Ziehen der Schornsteine (Fig. 173) besteht entweder darin, dafs man einen Schornstein den Dachbodenraum in geneigter Lage durchziehen läfst, um ihn in der Nähe des Dachfirstes ausmünden lassen zu können (vergl. den nächsten Artikel), oder das Schleifen entsteht durch Vereinigung zweier oder mehrerer, nicht zu weit voneinander entfernter Schornsteine zu einem einzigen Mauerkörper, in welchem Falle man den Vorteil erzielt, dafs die Dachfläche statt an zwei oder mehreren Stellen nur an einem Punkte durchschnitten wird. Der geschleifte Schornstein darf nicht mehr als 30 Grad von der lotrechten Lage abweichen und soll entweder ganz in vollen Mauern liegen oder von steinernen Gewölben getragen werden. Das Schleifen der Schornsteine auf hölzernen Brücken oder sonstigen Holzunterlagen, ebenso flachere Neigungen als 60 Grad zur Wagrechten sind zu verwerfen. Desgleichen ist das Ineinanderschleifen oder Zusammenleiten zweier oder noch mehrerer Schornsteinquerschnitte in einen einzigen nicht statthaft, da durch das Weglassen der Zungen die Reinigung und die Rauch-

[200]) Art. 280 u. 281: Zusätze der Redaktion.

abführung beeinträchtigt werden. Richtungswechsel (fiehe die Stellen *a*, *b*, *d* in Fig. 173) find abzurunden [201]).

Fig. 173.

1/50 w. Gr.

283. Schornftein-ausmündungen.

Die Schornfteine durchbrechen die betreffende Dachfläche und überragen fie noch um ein Stück. Die Länge diefes frei emporftehenden Teiles ift hauptfächlich von zwei Umftänden abhängig. Zunächft ift es die Rückficht auf Feuersgefahr, welche eine beftimmte Mindeftentfernung allen Holzwerkes von der Schornfteinmündung erfordert. Nach *Baumeifter* foll die letztere von der Dachfläche in lotrechtem Sinne mindeftens 50 cm, im wagrechten Sinne mindeftens 1 m, von höhergelegenen hölzernen Bauteilen wagrecht mindeftens 1,50 m entfernt fein; bei unficherer Bedachung mufs der Schornftein 1 m über die Höhe des Dachfirftes emporgeführt werden [201]).

Das letztgedachte Emporführen der Schornfteinmündung über den Dachfirft empfiehlt fich indes nicht nur der Feuersgefahr wegen, fondern auch des Einfluffes halber, welchen die Windftrömungen auf den Abzug der Rauchgafe ausüben. Von diefen Einflüffen und der dadurch bedingten Höhe des über der Dachfläche hervorragenden Schornfteinteiles wird noch im folgenden (unter d) die Rede fein; an diefer Stelle fei nur erwähnt, dafs man mit Rückficht auf diefe Zugftörungen häufig fämtliche Schornfteine, auch bei gröfserer Entfernung vom Dachfirft, fo weit emporführt, dafs fie ihn überragen.

Solche nahe am Dachfaume aus den Dachflächen austretende, fehr hohe Schornfteinenden haben, da ihre wagrechten Abmeffungen geringe find, häufig keine genügende Widerftandsfähigkeit gegen die herrfchenden Winde. Man fetzt deshalb auf die gemauerten Schornfteine bisweilen Rohre aus Eifen oder Ton auf; immerhin find folche Rohre, wie auch höhere gemauerte Schornfteinendigungen durch eiferne Anker, die auf den Dachfparren befeftigt find, feftzuhalten.

284. Konftruktion gemauerter Luftkanäle.

Wenn gewöhnlich gemauerte Kanäle für Luftleitungen verwendet werden, deren Druck erheblich von demjenigen der fie umgebenden Luft verfchieden ift, fo findet ein nicht unbedeutendes Durchftrömen der Poren des Mauerwerkes feitens der Luft ftatt. Man dichtet daher folche Kanalwände durch Auskleiden mit Zementputz oder einer Afphaltfchicht, mit Blech oder auch durch Anftriche. Es kommt auch vor, dafs weitere Kanäle mit Kacheln ausgekleidet werden, um gleichzeitig gröfsere Reinlichkeit zu erzielen.

Im übrigen gilt bezüglich der Konftruktion der gemauerten Luftkanäle grofsenteils das über Schornfteine Gefagte; einige befondere Einrichtungen werden noch unter d und e befchrieben werden.

201) Vergl. BAUMEISTER, R. Normale Bauordnung. Wiesbaden 1881. § 33, S. 48.

Literatur

über »Schornfteine«.

Caufe and cure of fmoky chimneys. Builder, Bd. 8, S. 529, 578; Bd. 9, S. 3, 68, 212, 243.

Preufsifche Verfügung vom 22. Dec. 1851, die Anlage und das Ausbrennen enger Schornfteinröhren betreffend. Zeitfchr. f. Bauw. 1852, S. 3.

Eckstein, G. F. *A practical treatife on chimneys etc.* London 1852.

Theorie der Schornfteine und Feuerungsanlagen. Haarmann's Zeitfchr. f. Bauhdw. 1858, S. 41.

Preufsifcher Erlafs vom 15. Sept. 1860, betreffend die unter gewiffen Bedingungen zuläffige Anwendung von Luftfteinen zu befahrbaren Schornfteinen einftöckiger Gebäude auf dem platten Lande. Zeitfchr. f. Bauw. 1861, S. 1.

Johanny. Praktifche Vorfchläge zur Verbefferung der Schornfteine. Allg. Bauz. 1862, Notizbl., S. 170.

Neue Methode der Rauchabführung aus Gebäuden. Zeitfchr. d. Arch. u. Ing.-Ver. zu Hannover 1862, S. 198.

Ueber Schornfteine. Haarmann's Zeitfchr. f. Bauhdw. 1864, S. 154.

Schaven. Ueber Schornfteinanlagen. Zeitfchr. f. Bauw. 1867, S. 87.

Preufsifcher Circular-Erlafs vom 4. Jan. 1867, betreffend den Glanzrufs in engen Schornfteinröhren. Zeitfchr. f. Bauw. 1867, S. 105.

Einführung mehrerer Oefen in denfelben Schornftein. Deutfche Bauz. 1867, S. 232.

Ueber die Verminderung des Glanzrufses in engen Schornfteinröhren. Polyt. Journ., Bd. 185, S. 322.

Edwards, F. *A treatife on fmoky chimneys; their cure and prevention.* London 1868.

Schwatlo. Kann ein ruffifches Schornfteinrohr auch Oefen verfchiedener Stockwerke aufnehmen etc.? Zeitfchr. f. Bauw. 1868, S. 127.

Schornfteine aus hohlen fog. Kaminfteinen. Deutfche Bauz. 1868, S. 69.

Ueber die Urfachen der Bildung des Glanzruffes. Zeitfchr. f. Bauw. 1870, S. 121.

Huber, C. Ueber den Zug in den Schornfteinen und die Einwirkung der Witterung auf denfelben. Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1870, S. 383.

Meidinger. Zugftörungen in Schornfteinen, welche mehreren Stockwerken gemeinfam find. Polyt. Journ., Bd. 203, S. 185. Polyt. Centralbl. 1872, S. 715.

Meidinger. Ueber Zugftörung in Kaminen. Haarmann's Zeitfchr. f. Bauhdw. 1873, S. 6.

Des tuyaux de cheminées. Gaz. des arch. et du bât. 1874, S. 83.

Feuergefährlichkeit von Schornftein-Anlagen. Deutfche Bauz. 1878, S. 132 u. 175.

Empfehlenswerthe Vorficht bei der Anlage und Benutzung von fog. »einläufigen« engen Kaminen. Baugwks.-Ztg. 1880, S. 40.

Aumont, H. *Wagons et tuyaux de fumée dans l'épaiffeur des murs. La femaine des conft.*, Jahrg. 9, S. 332.

Souches de cheminée. La femaine des conft., Jahrg. 16, S. 433. *La femaine du bâtiment*, Jahrg. 20, S. 268.

Soltau, R. Ueber Rauchrohre und Schornfteine. Deutfche Bauz. 1893, S. 205.

Soltau. Die Schornfteinanlagen in unferen Wohnhäufern. Centralbl. d. Bauverw. 1893, S. 245.

Engelbrecht, F. Die Schornfteinanlagen in unferen Wohnhäufern. Centralbl. d. Bauverw. 1893, S. 301.

Foerster, O. Schornfteinkopf für mehrfache ruffifche Röhrenfchornfteine. Baugwks.-Ztg. 1893, S. 759.

Neue Mauerfteinform zur Herftellung von ruffifchen Röhren und neuen Mauerverbänden von *Robert Scharf.* Baugwks.-Ztg. 1893, S. 1022.

Härtel, E. Ueber ruffifche Schornfteinröhren. Baugwks.-Ztg. 1894, S. 171.

Perle, F. G. Schornftein- oder Lüftungsrohre aus hohlen Körpern mit Bindern. Baugwks.-Ztg. 1894, S. 338.

Neue Schornftein-Auffätze. Baugwks.-Ztg. 1894, S. 1292.

Möhring, B. Ein vernachläffigter Freund. Deutfche Bauz. 1895, S. 447.

Ausbildung der Schornfteinköpfe. Deutfche Bauz. 1895, S. 511.

Neue Schornftein-Auffätze, Syftem Kühn. Baugwks.-Ztg. 1895, S. 820.

Kühn, A. Neuer Schornfteinauffatz von *Albin Kühn.* Mafchinenb. 1895, S. 263.

French chimney flues and pipes. Carpentry and building, Bd. 17, S. 8.
NUSSBAUM, H. CH. Welche Anfprüche find an die Schornfteine der Wohngebäude zu ftellen? Gefundh.-Ing. 1904, S. 273.

Die Literatur über die in Art. 292 u. 293 noch zu befprechenden »Schornftein-kappen, -Auffätze etc.« fiehe auf S. 202.

d) Sicherungen gegen atmofphärifche Einflüffe, gegen Staub, Ungeziefer u. f. w.; Schornfteinauffätze und fonftige Einrichtungen.

285. Einflufs der kalten Aufsenluft.

Von den atmofphärifchen Einflüffen ift zunächft die Wirkung der kälteren, fonach fchwereren atmofphärifchen Luft an den Mündungen der Schornfteine und Abluftfchlote zu nennen.

Würde man einen mit warmer Luft gefüllten Schacht unten abfchliefsen, fo würde gleichwohl ein Teil der Luft emporfteigen, während die kältere, über der Schachtmündung befindliche Luft nach unten ftrömt. Diefer Vorgang ift, während der Schacht, unten geöffnet, als Saugfchlot in Tätigkeit ift, nur gemildert, bezw. gehemmt durch die Gefchwindigkeit der ausftrömenden Luft. Mit der Zunahme der Ausftrömungsgefchwindigkeit nimmt das Einftrömen der kalten Luft ab, weshalb man diefes unfchädlich macht — die Schädlichkeit befteht im unmittelbaren Stören des Luftausfluffes und dem Abkühlen der im Schornfteine befindlichen Luft — durch entfprechende Ausftrömungsgefchwindigkeit. Man pflegt nicht unter 1 m Ausftrömungsgefchwindigkeit herabzugehen, verwendet aber, namentlich bei Rauch, der mittels Schornfteine gröfseren Querfchnittes abgeführt wird, nicht felten viel gröfsere Gefchwindigkeiten. Aus diefem Grunde werden die Schornfteine häufig nach oben verengt; man will an ihrer Mündung eine gröfsere, weiter unten, der Verringerung der Widerftände halber, eine kleinere Gefchwindigkeit haben. (Vergl. auch Art. 293, S. 250.)

Fig. 174.

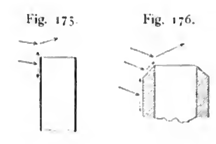
Schornfteinhaube.

Das Ausftrömen warmer und das Niederfallen kalter Luft ift bei aufser Betrieb befindlichen Schornfteinen wie Lüftungsfchloten noch in anderer Richtung beachtenswert. Selbft wenn diefe unten gefchloffen find, fo führt die in Rede ftehende Spülung verhältnismäfsig rafch ihre Abkühlung herbei, wodurch auch dann das Wiederinbetriebfetzen erfchwert wird, wenn die Unterbrechung des Betriebes nur kürzere Zeit ftattfindet. Man kann diefem Uebelftande durch Auffetzen einer nach Fig. 174 eingerichteten Haube einigermafsen vorbeugen; diefe läfst nur infoweit kalte Luft an die eigentliche Schornfteinmündung gelangen, als folche durch den Wind unter dem Rande der Haube hindurchgetrieben wird.

286. Einflufs des Windes.

Der Wind kann, da er bei etwa 7 m Gefchwindigkeit einen Druck von etwa 6 kg, heftiger Wind bei etwa 12 m Gefchwindigkeit einen Druck von 18 kg, Sturm bei etwa 25 m Gefchwindigkeit einen Druck von 74 kg für 1 qm ausübt, die Luftftrömungen der Kanäle aufserordentlich beeinfluffen.

Zunächft an den Mündungen der Abluftkanäle und der Schornfteine. Indem der Wind über benachbarte höhere Gegenftände, Hügel, Dächer u. f. w. hinwegftrömt, nimmt er eine nach unten geneigte Bewegungsrichtung an, fo dafs ein Zweig feiner Gefchwindigkeit in die Schornfteinmündung ftöfst. Das glatte prismatifche Ende


Fig. 175. Fig. 176.

eines dünnwandigen Rohres (Fig. 175), der zugefpitzte Kopf eines gemauerten Schachtes (Fig. 176) und ähnliche Formen (vergl. Fig. 185 bis 188 auf S. 250) bringen eine folche Ablenkung des wenig geneigten Windftromes hervor, dafs die Seitenftrömung die Hauptftrömung über der Mündung nach oben abzulenken vermag. An den Enden derartiger Schächte angebrachte Gefimfe hemmen die nützliche, nach oben gerichtete Seitenftrömung und follten deshalb nicht vorkommen.

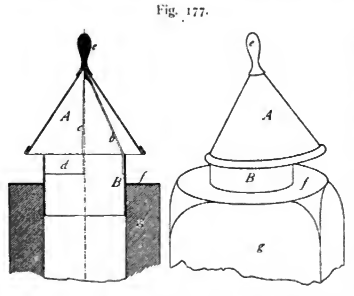
287. Luftfauger

Die Saugköpfe in Fig. 106 bis 115 (S. 199 bis 201) heben felbftverftändlich den bisher in Rede ftehenden Einflufs, indem der Wind unter ihrer Hilfe, ftatt in die Kanalmündung zu drücken, in letzterer eine Luftverdünnung hervorruft. Diefe ift jedoch auch nicht immer angenehm, indem durch fie ftofsweife eine zu ftarke Luftabführung herbeigeführt wird.

Ein Windkopf, welcher ein wenig faugend wirkt, vor allem aber im vorliegenden Sinne nutzt, ift in Fig. 177 im lotrechten Durchfchnitt und in einer Seitenanficht dargeftellt.

Auf einer Spitze *a*, die entweder von drei Beinen *b* oder einer im Steg *d* fteckenden Spindel *c* getragen wird, fchwingt der kegelförmige Hut *A*. Wenn jeglicher Wind mangelt, fo befindet fich die Achfe des kegelförmigen Hutes in lotrechter Lage, und Luft oder Rauch vermögen, nach Ueberwindung eines geringen Widerftandes $\left(\text{etwa } 1{,}2\,\gamma\,\frac{v^2}{2g}\right)$, aus der zwifchen Kegelmantel *A* und Schornfteinrohr *B* befindlichen ringförmigen Oeffnung zu entweichen. Sobald jedoch eine nennenswerte Gefchwindigkeit des Windes eintritt, fo legt fich der Rand des Kegels vor dem Winde an den Rand des Rohres *B*, während auf der entgegengefetzten Seite ein umfo gröfserer Spalt für das Abftrömen der Luft oder des Rauches frei wird. Damit das Neigen des Kegels fchon bei mäfsigem Winde eintritt, mufs das Gegengewicht *e* angebracht werden; hierdurch wird der Schwerpunkt des Hutes nach oben gerückt und die Arbeit für das Heben geringer. Das Schornfteinrohr *B* ift mit einem breiten Rande *f* verfehen, welcher das Abheben des Kegels durch zufällig in ftark aufwärts geneigter Richtung ftofsenden Wind verhütet. Diefer Rand dient, wenn der Windhut auf einen gemauerten Schacht *g* gefetzt wird, gleichzeitig als Abdeckung des Mauerwerkes.

Fig. 177.



Weder die früher befchriebenen Saugköpfe, noch der in Fig. 177 dargeftellte Windhut vermögen den freien Austritt der Luft oder des Rauches zu fchützen, fobald durch Wind der Druck der Luft in der Umgebung der Kanalmündung vergröfsert wird. Diefer Fall tritt z. B. ein, fobald der Wind gegen eine lotrechte oder fteile Fläche ftöfst, vor welcher, und zwar in geringer Entfernung von ihr, die Kanalmündung fich befindet. Noch gefährlicher ift der Ort der Schornfteinmündung an der lotrechten Wand eines Dachausbaues, der vom Dach des letzteren überragt wird, fo dafs der gegen die Wand ftofsende Wind fo zwifchen dem Haupt-

dach und dem überftehenden Teil des Ausbaudaches fich fängt, dafs der Rauch unweigerlich nach unten geftofsen wird. Vermag man den auf die obere Kanalmündung drückenden Wind gleichzeitig auf die untere Kanalmündung drücken zu laffen, fo ift natürlich der befprochene Uebelftand gehoben.

288.
Mündungen der Abluftfchlote.

Die fchädlichen Einwirkungen des Windes auf die Kanalmündungen find weniger fühlbar bei den Schornfteinen als bei den Abluftfchloten, deren Temperatur und deren Auftrieb faft immer weit geringer find als diejenigen der Rauchfchornfteine. Namentlich wird auch das zu ftarke, ftofsweife Saugen der Abluftrohre recht unangenehm, da man fich hiergegen durch irgendwelche Regelung nicht zu fchützen vermag. Man läfst infolgedeffen häufig diefe Rohre unter Dach, in den unbefchränkten und vermöge der zahllofen Oeffnungen der Dachdeckung oder mittels befonders angebrachter Rohre überall mit der freien Luft in Verbindung ftehenden Dachraum münden. Hier find fie gegen die Einflüffe des Windes in denkbar befter Art gefchützt. Leider hat diefes Verfahren nicht unbedeutende Nachteile im Gefolge. Im Winter kühlt fich die warme, in den Dachraum tretende Luft, namentlich an der unteren Fläche der Bedachung, ab und verliert dadurch die Fähigkeit, fämtlichen in fich aufgenommenen Wafferdampf feftzuhalten. Die Verdichtung des letzteren veranlafst eine Netzung der Bedachung, fowie des Holzwerkes und fördert hierdurch feine Verderbnis. Auf dem in vorliegender Weife benutzten Dachboden eines Ballhaufes fand ich das Holzwerk mit Schimmel überzogen.

Aehnlich unangenehm kann eine andere Folge der in Rede ftehenden Einrichtung fein. Durch die grofse, in den Dachraum geführte Wärmemenge taut der Schnee auf der von unten erwärmten Dachfläche früher als in der Dachrinne. Das niederfickernde Waffer gefriert in der Rinne, und wenn die Umftände ungünftig zufammentreffen, fo bilden fich an den gefperrten Dachrinnen fchwere Eiszapfen, welche die Dachrinnen befchädigen oder gar abbrechen.

Man wird daher die Kanalmündungen nur mit aller Rückficht auf die foeben befprochenen Vorgänge unter Dach legen.

Ein Lockfchornftein, welcher die Luft einer Zahl von Räumen abführt und der fo hoch gemacht wird, dafs die Luftftrömungen feine Mündung nahezu wagrecht treffen und das Anftauen der Luft in deren Nähe unmöglich ift, leidet faft nicht unter den Einflüffen des Windes, weshalb — zumal in den tieferliegenden Gefchoffen die Kanäle beffer unterzubringen find und die Temperatur der Lockfchornfteine durch ergänzendes Heizen der Temperatur des Freien angepafst werden kann — es fich in fehr vielen Fällen empfiehlt, die Luft nach unten in einen gemeinfchaftlichen Sammelkanal und mit Hilfe deffen einem Lockfchornfteine zuzuführen.

289.
Ausmündung der Zuluftkanäle.

Die Mündungen der Zuluftkanäle leiden nicht weniger unter den Einflüffen des Windes als diejenigen, welche die Luft abzuführen beftimmt find.

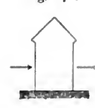
Sie befinden fich entweder in der Nähe des Erdbodens oder über dem Dache oder zwifchen diefen beiden Orten, in den lotrechten Wänden des Gebäudes.

Die Erörterung der Vorgänge an über Dach befindlichen Zuluftkanalmündungen kann ich hier unterlaffen, da fie vorwiegend Wiederholungen des über die Abluftkanalmündungen Gefagten bringen würde.

Kanalmündungen in den lotrechten Aufsenwänden der Gebäude werden durch den Wind weit unmittelbarer getroffen als die vorhin genannten.

Schutzmittel vermögen die Einflüffe auf die Mündungen nicht zu brechen, da, wenn z. B. gegen ein Haus (Fig. 178) der Wind in der Richtung des Pfeiles die vor dem Winde liegende Hausfläche trifft, hier eine Anftauung, eine Vermehrung des Luftdruckes erfolgt, während an der vom Winde abliegenden Fläche eine Luftverdünnung, eine Verminderung des Druckes eintritt. Je nach der wechfelnden Windrichtung unterftützt daher der Wind die Mittel, welche zur Bewegung der Luft im zugehörigen Kanalnetz dienen, oder wirkt ihnen entgegen. Angefichts der wiederholt hervorgehobenen Kraft des Windes werden nicht felten die fchwächeren Mittel (z. B. der Auftrieb) überwunden, aber auch die Leiftung der kräftigeren Mittel (Gebläfe) in erheblichem Mafse herabgedrückt. Andererfeits wird zuweilen die Luft mit grofser Heftigkeit eingeblafen, und zwar ftofsweife, fo dafs der Aufenthalt im gelüfteten Raume recht unbehaglich werden kann.

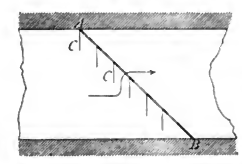
Fig. 178.



Das zu kräftige ftofsweife Einblafen läfst fich durch eine Klappenanordnung, welche Fig. 179 verfinnlicht, verhindern.

Innerhalb des Kanals befindet fich ein Rahmenwerk *AB*, welches mittels Querftäbe in einzelne Oeffnungen fo zerlegt ift, dafs Leinwandftreifen *C*, die, mit ihrem oberen Rande befeftigt, an ihrem unteren Rande durch einen eingelegten Draht belaftet find, die einzelnen Oeffnungen verfchliefsen, fobald die Windgefchwindigkeit eine zu grofse wird. Bei geringerer Luftgefchwindigkeit fallen die Klappen in eine nahezu lotrechte Lage zurück, fo dafs die Luft durch die freigelegten Oeffnungen des Rahmenwerkes *AB* hindurchzufliefsen vermag.

Fig. 179.



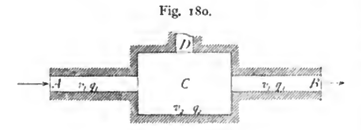
Der hinter dem Winde, alfo in Bezug auf Fig. 178 rechts mündende, der Lufteinführung gewidmete Kanal kann gegen ftofsweifses Abfaugen in ähnlicher Weife gefchützt werden; jedoch hat dies geringen Wert, da, folange die betreffende Windrichtung dauert, das Einftrömen der Luft mindeftens befchränkt wird, alfo die Anlage das Erwartete nicht leiftet.

Alle in den lotrechten Wänden der Gebäude oder im Bereich der durch fie veranlafsten Luftftauungen, bezw. Luftverdünnungen gelegenen Eintrittsöffnungen für die Zuluft werden fonach in erheblichem Grade vom Winde beeinflufst. Die Wirkung diefer Beeinfluffung auf die Luftbewegung in den Kanälen des Gebäudes kann nur dadurch gebrochen werden, dafs man zweifeitige Luftzufuhr anwendet, d. h. der an einer Seite des Gebäudes gelegenen Eintrittsöffnung eine folche an der anderen Seite gegenüberlegt und beide in geeigneter Weife miteinander verbindet.

Am wirkfamften ift folgende Einrichtung.

Zwei Luftfchöpföffnungen *A* und *B* (Fig. 180), welche an entgegengefetzten Seiten des Gebäudes liegen, find mittels eines Kanals unter fich verbunden, deffen Querfchnitt bei *C* eine bedeutende Erweiterung enthält. Wenn nun die Querfchnitte q_1, wie auch die Widerftände diesfeits und jenfeits der Erweiterung als gleich angenommen werden dürfen und q_2, d. i. der Querfchnitt der Erweiterung, gegenüber q_1 grofs genug ift, um die Gefchwindigkeit v_2 gegenüber v_1 zu vernach-

Fig. 180.



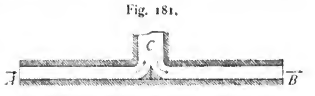
läffigen, fo mufs der Druck in C etwa mitten zwifchen denjenigen Drucken liegen, die vor, bezw. hinter dem Winde herrfchen, d. h. etwa gleich demjenigen in der freien Luft fein. Die aus C mittels des Kanals D abgeleitete Luft ift demnach den Einflüffen der Windftrömungen im wefentlichen entzogen. Dies gelingt umfo vollftändiger, je gröfser $\frac{q_2}{q_1}$ ift. Aber auch das Verhältnis des Querfchnittes q_1 zum Querfchnitt des Kanals D, richtiger zu der durch D entnommenen Luftmenge, ift von Einflufs, indem durch den linksfeitigen Kanalteil diejenige Luft ftrömt, welche rechtsfeitig entweicht, vermehrt um die durch D abgeleitete. Die Widerftände find demnach von A bis C gröfser als von C bis B. Je gröfser q_1 gegenüber der verlangten Luftmenge ift, defto mehr verfchwindet diefer Unterfchied.

Man benutzt diefe Regeln, indem man erhebliche Kanalerweiterungen oder geradezu Luftkammern auf dem Dachboden oder im Keller anbringt, diefe einerfeits mit zwei oder mehreren einander entgegengefetzten Mündungen, die zur Zuführung der Luft dienen, andererfeits mit den Heizkammern oder Verteilungskanälen in Verbindung bringt. Diefe Querfchnittserweiterungen verbinden mit ihrem eigentlichen Zweck den Nebenvorteil, dafs ein grofser Teil des mit der Zuluft eingeführten Staubes in ihnen fich ablagert.

Diejenigen Zuluftkanäle, welche zwifchen den Balken liegen, können Raummangels halber nicht mit genügenden Querfchnittserweiterungen verfehen werden; man fchützt fie vor den Einflüffen des Windes durch entfprechende Hebung der Kanalfohle.

A und B (Fig. 181) feien zwei in entgegengefetzten Wandflächen liegende Kanalmündungen. Sie find mittels eines quer durch das Gebäude führenden Kanals miteinander verbunden. Am Orte C, wofelbft Luftentnahme ftattfinden foll, ift die Sohle des genannten Kanals um mindeftens die halbe lichte Kanalhöhe gehoben, entweder nach der Form zweier zufammenftofsender Bogen, wie in Fig. 181 durch ausgezogene Linien angegeben ift, oder durch eine lotrechte, in Fig. 181 punktiert gezeichnete Wand. Drückt nun der Wind auf A, während bei B eine Luftverdünnung eintritt, fo ftrömt die Luft bei C von A aus nach oben, auf der anderen Seite nach unten; beide Strömungen reiben fich aneinander und zerftören ihre Gefchwindigkeiten gegenfeitig. Sobald in der Richtung nach C Luft abgeleitet wird, mufs, unter Vorausfetzung gleicher Querfchnitte der Kanäle, die Gefchwindigkeit der Luft in der Strecke AC gröfser fein als diejenige der Strecke CB, fo dafs bei C ein entfprechender Unterdruck notwendig ift, der von dem betreffenden Mittel zur Bewegung der Luft von C ab überwunden werden mufs.

Fig. 181.



290. Einflufs der Wändedurchläffigkeit u. f. w.

Früher wurde bereits erwähnt, dafs die Poren der Wände zwar vielfach gebogene und unregelmäfsige, jedoch zufammenhangende Kanälchen bilden, welche die Luft hindurchftrömen laffen, fobald fie an einer Seite der Wand einen gröfseren Druck ausübt als an ihrer entgegengefetzten Seite. Die Undichtheiten der Fenfter und Türen verhalten fich ebenfo. Der auf die vordere Aufsenwand eines Gebäudes drückende Wind durchftrömt zunächft diefe Aufsenwand, erzeugt in den von diefer begrenzten Räumen eine Druckfteigerung, ftrömt infolgedeffen durch die Scheidewände und fchliefslich durch die hintere Aufsenwand. Je gröfser der Druckunterfchied der vor und hinter dem Gebäude befindlichen Luft ift, umfo entfchiedener findet diefes Durchftrömen des Gebäudes ftatt. Wegen der Bewegungswiderftände innerhalb der genannten Kanälchen mufs demzufolge in den Räumen, die zunächft

vom Winde getroffen werden, eine Druckfteigerung eintreten gegenüber denjenigen Zimmern, welche den erfteren gegenüber vom Winde abliegen; d. h. die Luft-Einftrömungs- wie auch die -Abftrömungsöffnungen einer künftlichen Lüftungs- oder Heizungsanlage der erfteren Räume find mit einem höheren Druck belaftet als diejenigen der letztgenannten. Die hierdurch entftehenden Störungen find oft fehr unangenehm und machen zuweilen die an der Windfeite befindlichen Räume fogar unheizbar. Man kann fie durch gefchickte Anordnung der Kanalmündungen mindern, welche die frifche Zuluft dem Freien entnehmen, bezw. die benutzte Abluft ausftofsen; regelmäfsig ift jedoch durch möglichft dichte Wände und Fenfter den in Rede ftehenden Erfcheinungen entgegenzutreten.

291. Einflufs von Regen und Schnee.

Regen und Schnee üben auf Luftkanäle und Rauchfchornfteine mehrfachen fchädlichen Einflufs aus, weshalb häufig Schutzvorkehrungen dagegen getroffen werden.

Zunächft find folche Kanal-, bezw. Schornfteinwandungen, welche durch atmofphärifche Niederfchläge zerftört werden können, in geeigneter Weife abzudecken.

Bei Schloten oder Schlotendigungen, die aus Tonrohren beftehen, bedarf es keiner weiteren Vorkehrung; bei Eifenrohren genügt ein geeigneter Anftrich (Oelfarbe, beffer Afphalt). Gemauerte Luftkanäle und Schornfteine jedoch erfordern eine Abdeckung; die letztere erfolgt meiftens durch wetter- und froftbeftändige Platten von etwa 8 cm Dicke, in denen die Querfchnitte der Schlote ausgehauen find und deren Oberfläche Gefälle nach aufsen erhält. Mit Rückficht auf den ftörenden Einflufs der Luftftrömungen (fiehe Art. 286, S. 244) ift zu empfehlen, eine ftarke Abfchrägung diefer Platten eintreten zu laffen.

Nicht felten läfst man indes diefe Platten über die Aufsenwandungen des Schornfteinmauerwerkes vorfpringen, oder man ordnet, um einen noch entfchiedeneren architektonifchen Abfchlufs des Schornfteines zu erzielen, an feiner Mündung Gefimfe u. f. w. (Schornfteinkränze) an. Da hierdurch die dem Rauchabzug günftigen (nach oben gerichteten) Luftftrömungen abgehalten werden, fo ift eine folche Anordnung nicht vorteilhaft; man follte ihren ungünftigen Einflufs ftets durch die in Art. 293 zu befprechenden Schornfteinauffätze mildern.

Regen und Schnee, welche in das Innere der Luftkanäle und Schornfteine eindringen, kühlen diefe ab und fchwächen dadurch den Auftrieb oder veranlaffen fogar das Umkehren des Zuges. Auch kann es bei Rauchfchornfteinen gefchehen, dafs die durch Vermengung mit dem Rufs gebildete fchmutzige Flüffigkeit zu den Rauchrohren der Zimmeröfen gelangt und die Wände der betreffenden Räume befchmutzt; endlich wird die Bildung des feuergefährlichen Glanzrufses nicht unwefentlich begünftigt.

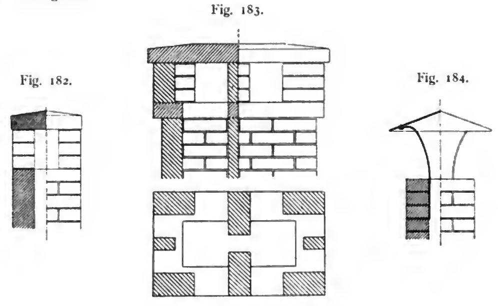
Rauchfchornfteine für umfangreichere Feuerungsanlagen befitzen meiftens einen gröfseren Auftriebüberfchufs, weshalb bei diefen von einem fchützenden Dach abgefehen werden kann. Bei gewöhnlichen Rauchfchornfteinen jedoch und bei Luftkanälen empfiehlt es fich, kleine Schutzdächer aufzufetzen; bei erfteren heifsen diefe wohl auch Schornfteinkappen, Schornfteinhüte oder Schornfteinhauben.

292. Schornfteinkappen.

In der einfachften Geftalt wird eine Schornfteinkappe aus zwei gegeneinander gelehnten Backfteinen hergeftellt. Beffer ift es, niedrige Pfeiler aus Backfteinen zu errichten und über diefe die Deckplatte aus natürlichem oder künftlichem Stein oder aus Gufseifen zu legen (Fig. 182 u. 183).

Einfacher und auch zweckmäfsiger, weil dadurch der Rauchabzug weniger behindert wird, ift es, wenn man die Schornfteinkappe als kleines kugel-, kegel- oder pyramidenförmiges Blechdach geftaltet (Fig. 184), welches auf 3 bis 4 in den Schornfteinwandungen befeftigten Eifenftäben aufruht.

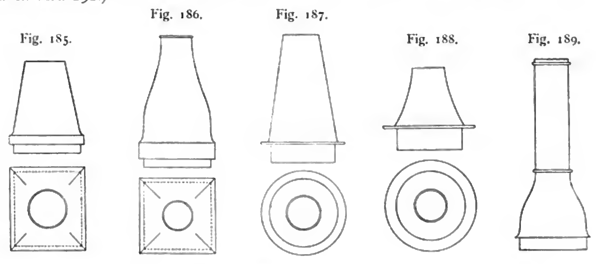
Verfchiedene Tonwarenfabriken halten Schornfteinhauben vorrätig, bei denen Stützen und Schutzdach vereinigt find.



Schornfteinkappen. — 1/25 w. Gr.

293.
Schornftein-
auffätze.

Schliefslich ift noch der nicht felten angewendeten Schornfteinköpfe oder Schornfteinauffätze zu gedenken, welche im wefentlichen eine Verjüngung des Schornfteinquerfchnittes bezwecken und fonach der in Art. 285 (S. 244) angedeuteten Aufgabe zu entfprechen haben. Gibt man folchen Auffätzen auch nach aufsen eine zugefpitzte (kegel- oder pyramidenförmige oder ähnliche) Geftalt, fo wird überdies der Rückficht auf die fchon erwähnten aufwärts gerichteten, den Rauchabzug begünftigenden Luftftrömungen (fiehe Art. 286, S. 244) Rechnung getragen. (Vergl. auch Art. 292.)



Schornfteinauffätze. — 1/10 w. Gr.

Solche Schornfteinauffätze werden meift aus Ton, aus Eifengufs, aus Eifen- oder Zinkblech (Fig. 185 bis 189) hergeftellt.

Häufig vereinigt man Auffatz und Kappe. Bisweilen wird der durch den Auffatz verengte Schornfteinquerfchnitt durch ein befonders aufgefetztes Rohr noch ein Stück fortgefetzt (Fig. 189).

Die über den Dachflächen emporfteigenden Teile der Schornfteine mit ihren Kappen, Auffätzen u. f. w. find häufig Gegenftand reizvoller künftlerifcher Aus-

ſtattung, die ſowohl in Terrakotta als auch in Mauerwerk zur Ausführung kommen kann. Indes wirken ſo geſchaffene Schornſteinmündungen faſt ſtets ungünſtig auf die Bewegung und den Abzug des Rauches.

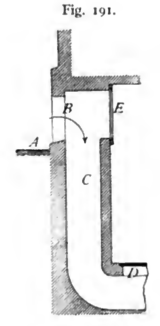
Bei der Anordnung aller Schornſteinaufſätze iſt auch noch darauf zu achten, daſs, ſobald die Reinigung des Schornſteines vom Dache aus vorgenommen werden ſoll, dieſe durch die Aufſätze nicht gehindert werden darf. Von der Reinigung der Schornſteine ſelbſt und den dazu erforderlichen Einrichtungen wird im folgenden (in Art. 297 u. 298, S. 252) noch die Rede ſein.

Fig. 190.

294.
Abhalten des Staubes von den Luftkanälen.

Das Eindringen von Staub in die Luftkanäle kann zunächſt durch gut gewählte Lage der Luftentnahmeſtellen (vergl. Art. 221, S. 180) verhindert werden. Man errichtet an geeignetem Orte einen mehr oder weniger hohen Turm (Fig. 190), welcher durch vergitterte Fenſter die friſche Luft eintreten läſst. Kann man dieſen Turm genügend weit von Gebäuden entfernt anlegen, ſo daſs ſeine unmittelbare Umgebung unter dem mittleren Atmoſphärendruck ſteht, ſo ſchützt er, wenn dafür geſorgt wird, daſs der Wind keine Saugwirkung hervorzubringen vermag, gleichzeitig gegen die ſtörenden Einflüſſe des Windes; im anderen Falle muſs man einen zweiten Turm errichten, auf welchen die Einflüſſe des Windes entgegengeſetzte als diejenigen, welchen der erſte Turm ausgeſetzt iſt, ſind.

Fig. 191.



$^1/_{100}$ w. Gr.

Häufiger muſs man, örtlicher Umſtände halber, die Luftentnahmeöffnungen in die Auſsenwände legen. Man benutzt hierzu nicht ſelten die Kellerfenſteröffnungen. Fig. 191 iſt ein lotrechter Schnitt einer derartigen Anordnung. *A* bezeichnet die Fläche des Bürgerſteiges oder des Hofes, *B* die vergitterte, nicht verglaſte Kellerfenſteröffnung, *C* den Kanal, welcher die Luft in das Gebäude führt, *D* eine Tür zur Beſichtigung und Reinigung des Kanals, *E* das eigentliche Kellerfenſter.

295.
Staubausſcheidung.

Bei Anwendung derartiger Entnahmeſtellen iſt die Luft ſelbſtverſtändlich reichlich mit Staub vermiſcht; aber auch die beſtgelegene Entnahmeſtelle führt Staub in das zu lüftende Gebäude, weshalb deſſen künſtliche Ausſcheidung bei beſſeren Anlagen regelmäſsig vorgeſehen wird. Die betreffenden Einrichtungen, deren Weſen bereits in Art. 199 bis 205 (S. 164 bis 169) erörtert wurde, werden — je nach örtlichen Verhältniſſen — der Lufteintrittsöffnung nahe gelegt oder in einiger Entfernung von ihr dem Kanalnetz eingefügt. Letzteres empfiehlt ſich namentlich dann, wenn eine erheblichere Kanalerweiterung (ſiehe Art. 200, S. 165) vorhanden iſt, in welcher der gröbere Staub ſich ablagert.

296.
Schutz gegen Ungeziefer.

Der Schutz der Kanäle gegen das Hineingelangen von Ungeziefer wird durch metallene Gitter erreicht, welche dem abzuwehrenden Ungeziefer entſprechende Maſchenweiten erhalten. Meiſtens betrachtet man als kleinſtes abzuweiſendes Tier die Maus, zumal wenn Filter vorhanden ſind, welche Fliegen und dergl. zurückhalten.

297.
Zugänglichkeit;
Reinigung.

Die Zugänglichkeit der Luftkanäle wird durch den örtlichen Verhältniffen anzupaffende Klappen und Türen erreicht, deren Befprechung überflüffig fein dürfte. Dagegen erfordern die Oeffnungen, welche zur Reinigung der Rauchfchornfteine benutzt werden, noch einige Erörterungen. Die eifernen Rauchrohre der Lockfchornfteine verfieht man an ihrem unteren Ende mit zu öffnenden Erweiterungen, in welchen niederfallende Flugafche und Rufs fich zu fammeln vermögen, ohne den Querfchnitt der Rauchwege zu ftören. Der lotrechte Teil diefer Rauchrohre bedarf keiner Reinigung, da der an den Wänden anhaftende Rufs gelegentlich abfällt oder unter geeigneten Umftänden verbrennt. Eine Gefahr kann aus dem Ausbrennen folcher in Lockfchornfteinen aufgeftellten eifernen Rauchrohre nicht entftehen. Die wagrechten und geneigten Rauchwege müffen jedoch durchweg, die lotrechten Schornfteine dann, wenn fie aus dünnwandigem Mauerwerk beftehen, regelmäfsig gereinigt werden, da in erfteren Flugafche und Rufs fich ablagern, in letzteren die Entzündung gröfserer Rufsmengen durch die entftehende hohe Temperatur für das Mauerwerk und feine Umgebung gefährlich werden kann.

298.
Reinigungs-
öffnungen.

Da der Rufs fchon infolge geringer Bewegungen der Luft mit diefer fich mifcht und durch fie auf weite Entfernungen getragen wird, fo gilt als erfte Regel, die Reinigungsöffnungen aller Rauchwege an folche Orte zu legen, die durch den aufgewirbelten Rufs nicht oder doch wenig gefchädigt werden. Lotrechte Schornfteine, welche meiftens mittels eines an eine Kugel gebundenen Befens gereinigt werden, erhalten hiernach eine Oeffnung im Kellergefchofs, und zwar möglichft in einem folchen Raume, dem einiger Schmutz nicht fchadet, z. B. dem Kohlenkeller, oder einem folchen, der verhältnismäfsig leicht zu reinigen ift, z. B. dem Kellervorplatz. Diefe Oeffnung dient zum Entfernen des niedergeftofsenen Rufses. In manchen Fällen dürfte es fich empfehlen, die Schornfteine in den Schmutzwafferkanal münden zu laffen, fo dafs der niederfallende Rufs vom Waffer fortgefpült wird. Dabei ift jedoch nicht zu überfehen, dafs der Schornftein die Luft aus dem Kanal anfaugt — was in einer Richtung allerdings fehr angenehm ift — wodurch eine Abkühlung des Rauches, alfo Schwächung des Zuges, herbeigeführt wird.

Eine zweite Oeffnung, welche zum Einbringen und Handhaben der Putzgeräte dient, wird unter oder über dem Dach angebracht [202]). Beide Oeffnungen find felbftverftändlich mit guten eifernen Verfchlüffen verfehen, die zweckmäfsig aus lotrechten Schiebern beftehen, welche fich nicht zufällig zu öffnen vermögen.

Ift kein Kellergefchofs vorhanden, fo ift man gezwungen, die unteren Reinigungsöffnungen im Erdgefchofs anzubringen; hier werden fie am zweckmäfsigften in Vorräumen untergebracht. Die Höhenlage der unteren Reinigungsöffnungen foll eine folche fein, dafs man bequem zu ihnen gelangen, auch den Rufs ohne Schwierigkeit in ein vorzuhaltendes Gefäfs fchieben kann, um die Staubaufwirbelung möglichft

---

[202]) Es dürfte nicht überflüffig fein, die für folche Reinigungsöffnungen mafsgebenden preufsifchen Beftimmungen (vom 1. November 1892) hier anzuführen:

Schornfteine dürfen bei flachen Dächern, welche ein Begehen oder die Anbringung von Laufbrettern ohne Schwierigkeit geftatten, innerhalb des Dachraumes nicht mit Reinigungstüren verfehen werden. Bei fteilen Dachneigungen ift es zuläffig, die Reinigungstüren unbefteigbarer Schornfteine im Inneren des Dachraumes anzubringen, mit der Mafsgabe:

a) dafs die Oeffnungen von geputztem oder durch fonftige Umkleidung feuerficher ummanteltem Holzwerk mindeftens 50 cm und von ungefchütztem Holz mindeftens 1 m entfernt bleiben,

b) dafs der Fufsboden des Dachgefchoffes, fofern er nicht durchweg unverbrennlich hergeftellt wird, auf 1 m Entfernung eine feuerfichere Bekleidung erhält,

c) dafs die Reinigungstüren überall leicht zugänglich und hoch genug über dem Dachfufsboden angelegt werden, um auch den oberhalb derfelben liegenden Teil des Schornfteines gut reinigen zu können, und

d) dafs die Oeffnungen dichtfchliefsende eiferne Schieber oder in Falze fchlagende Türen erhalten.

zu mindern. Eine zweckmäfsige Geftaltung des unteren Randes der Reinigungsöffnung vermag in der gleichen Richtung günftig zu wirken. Weichen Teile der Schornfteine von der lotrechten Richtung ab, jedoch nicht um mehr als etwa 30 Grad, fo hindern fie das erwähnte Reinigungsverfahren nicht, kommen alfo nicht weiter in Betracht.

Flacherliegende Schornfteine, bezw. Rauchwege find verfchieden zu behandeln, je nachdem fie in ihrer Längenrichtung zugänglich gemacht werden können oder nicht. Im erfteren Falle kann man fehr lange, gerade Rauchwege durch eine Krücke reinigen, mittels welcher der Rufs zurückgefchoben wird, fo dafs er fchliefslich in eine zu entleerende Vertiefung fällt. Ift man gezwungen, den Rufs heranzuziehen, fo darf der Kanal, wegen der Biegfamkeit des Krückenftieles, mittels deffen man die Krücke zunächft über den Rufs hinwegheben mufs, felten länger als 4 m fein. Die in ihrer Längenrichtung nicht zugänglichen und die krummen Rauchkanäle müffen mit 2 bis 3 m voneinander entfernten Putzöffnungen verfehen fein, deren Geftalt das Einbringen eines Rohrftockes oder anderen biegfamen Stabes geftattet, durch welchen ein Befen oder eine Krücke zu bewegen ift. Kurze Rauchwege fäubert man mittels der geeignet bewaffneten Hand; man vermag vom Rande der Putzöffnung ab etwa 60 bis 80 cm weit zu reichen; die betreffenden Putzöffnungen werden etwa 12 cm weit gemacht.

299.
Beobachtungen.

Behufs regelmäfsiger und ficherer Bedienung umfangreicherer Heizungs- und Lüftungsanlagen ift es erwünfcht, dem Wärter die Möglichkeit bequemer Beobachtung fowohl der Temperatur, als auch der Luftgefchwindigkeit innerhalb der Kanäle zu geben. Die Temperaturen erkennt man leicht und ficher an Queckfilberthermometern, die entweder durch geeignete kleine Oeffnungen bei jeder einzelnen Beobachtung in die Kanäle gefchoben werden oder in den Kanalwänden fo befeftigt find, dafs ihre Kugel feitens der Luft gut befpült wird und der Wärter den Queckfilberfaden gut erkennen kann. Die Luftgefchwindigkeit wird am zweckmäfsigften mit Hilfe fog. Anemofkope beobachtet. (Vergl. Art. 246 bis 251, S. 205 bis 208.)

e) Schieber, Klappen u. f. w.

300.
Rauchfchieber.

Aus den bisherigen Erörterungen geht zur Genüge hervor, dafs die forgfältigfte Bemeffung und Konftruktion der Kanäle und die vorfichtigfte Ueberwachung der Mittel, welche zur Bewegung der Luft benutzt werden, nicht im ftande find, den Betrieb ohne weiteres zu allen Zeiten zu einem befriedigenden zu machen. Man mufs vielmehr die Anlage fo einrichten, dafs fie unter den ungünftigften Verhältniffen die geforderte Luftmenge oder die zu befeitigende Rauchmenge fördert, und dann Vorrichtungen einfchalten, mit Hilfe deren man nach Willkür gröfsere Bewegungshinderniffe hervorzubringen vermag, um hierdurch die Leiftungsfähigkeit den Verhältniffen entfprechend herabzudrücken.

Diefe Vorrichtungen find Schieber, Klappen und Ventile.

Der gewöhnliche Rauchfchieber befteht aus dem eigentlichen, in Rückficht auf das Verroften durch den fchwefelige Säure enthaltenden Rauch aus Gufseifen hergeftellten Schieber *A* (Fig. 192), dem ebenfalls gegoffenen, gefalzten Rahmenftück *B* und dem mit letzterem vernieteten Deckelftück *C*. Das Ganze ift im Rauchkanal vermauert. Der Schieber hängt an einer Kette *D*, die über Rollen *E* gelegt ift und an einem Ende ein Gegengewicht *F* trägt. Die auftretenden Reibungswiderftände halten den Schieber in jeder Lage, welche man ihm gegeben, feft.

301. Luft-schieber.

Aehnliche Schieber werden aus Gufseifen, Blech, Holz verfertigt und, mit verzierten Rahmen verfehen, vor die in den Zimmern liegenden Zu- und Abluftöffnungen gelegt und dienen dort zu beliebiger Verengung des Querfchnittes.

Häufig wird für diefen Zweck der durch Fig. 193 wiedergegebene Schieber verwendet.

Die viereckige Kanalmündung ift vergittert; hinter dem Gitter ift der eigentliche Schieber *A* mit Hilfe eines Kopfes, der fich in einem Schlitz der Vergitterung zu bewegen vermag, ver-

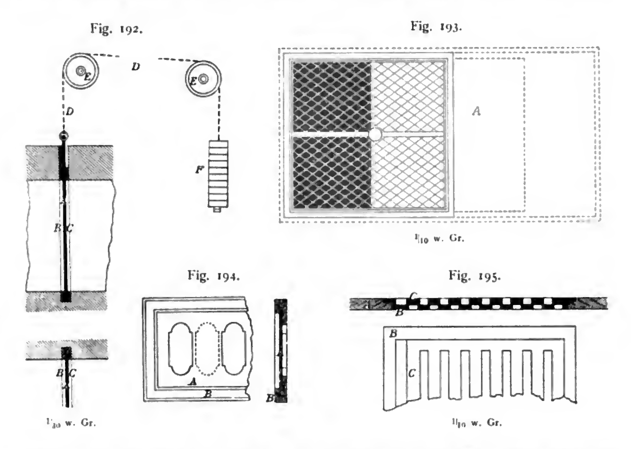


Fig. 192. — $^1/_{30}$ w. Gr.

Fig. 193. — $^1/_{10}$ w. Gr.

Fig. 194.

Fig. 195. — $^1/_{10}$ w. Gr.

fchiebbar. Die nach rechts — in Bezug auf unfere Abbildung — gefchobene Platte verbirgt fich in einem Blechkaften, welcher in die Oberfläche der Wand verfenkt ift, fo dafs der Wandfchmuck über ihn hinweggeht.

Auch der Schieber, welchen Fig. 194 in teilweifer Anficht und lotrechtem Schnitt darftellt, ift manchen Ortes beliebt.

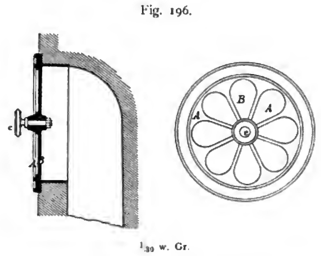
Eine Platte mit Rahmen enthält eine Zahl lotrechter Schlitze, welche etwas fchmaler find als die zwifchen ihnen bleibenden Stege. Vor diefer Platte vermag man die Platte *A*, die in Nuten des Rahmens *B* geführt wird und die ebenfo gefchlitzt ift wie die erfte Platte, zu verfchieben. Treffen die Schlitze vollftändig aufeinander, fo ift der gröfste Durchgangsquerfchnitt, alfo die geringfte Behinderung des Luftftromes vorhanden; deckt aber je ein Steg einen Schlitz der anderen Platte, fo ift der Querfchnitt vollftändig abgefchloffen.

Fig. 195 zeigt in lotrechtem Schnitt und Grundrifs den gleichen Gedanken für einen Schieber durchgeführt, der über einen im Fufsboden mündenden Kanal gelegt ift.

A bezeichnet den Fufsboden; in diefen ift eine gufseiferne gefchlitzte Platte *B* mit Hilfe eines ringsumlaufenden Randes gelegt. Die Vertiefung der Platte dient zur Aufnahme des gefchlitzten Schiebers *C*, fo dafs feine Oberfläche mit derjenigen des Fufsbodens zufammenfällt. Das Einftellen des beweglichen Teiles *C* erfolgt mit Hilfe des Fufses. Der Schieber kann natürlich nur an folchen Stellen des Fufsbodens angebracht werden, welche nicht für den Verkehr

dienen. Als Mangel, der allen im Fufsboden liegenden Mündungen eigen ift, mufs noch hervorgehoben werden, dafs der Schieber die das Zimmer reinigenden Mägde verfucht, den Kehricht ohne weiteres durch die Spalten des Schiebers zu befördern.

Fig. 196.



$^1/_{30}$ w. Gr.

Eine fernere Abart des durch Fig. 194 verfinnlichten Schiebers zeigt Fig. 196 in lotrechtem Schnitt und in der Anficht.

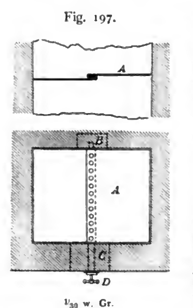
Hier ift die Kanalmündung mit einer kreisförmigen, durchbrochenen Platte *A* gefchloffen, in deren Mitte fich der Zapfen mit Knopf *e* drehen läfst, welcher eine drehbare, ebenfo wie *A* durchbrochene Platte *B* trägt. Das Einftellen erfolgt mit Hilfe des Knopfes *e*. Man legt auch die drehbare Platte vor die fefte und kann alsdann auf erfterer zwei Knöpfe anbringen, die behufs Einftellens unmittelbar mit den Fingern ergriffen werden, oder, wenn der Schieber eine höhere Lage im Zimmer hat, mit je einer herabhängenden Schnur verfehen find.

Die Schieber in Fig. 194 bis 196 haben das Angenehme, dafs fie keiner Vergitterung behufs Verdeckung der an fich wenig fchönen Kanalöffnung bedürfen; in einiger Gröfse hergeftellt, nehmen fie jedoch viel Raum ein und find fchwer zu bewegen.


302.
Droffel-
klappen.

Sehr bequem ift die fog. Droffelklappe (Fig. 197); fie ift leicht zu bewegen und behält die ihr angewiefene Stellung ohne weiteres bei.

Fig. 197.



$^1/_{30}$ w. Gr.

Die hier gezeichnete Klappe ift für einen lotrechten Kanal beftimmt. In eine Wand des Kanals ift eine gufseiferne Platte *B* mit Zapfenlager, in die diefer gegenüberliegende Wand die Platte *C*, welche ebenfalls ein Zapfenlager für die Klappe *A* enthält, eingemauert. Die Klappe felbft ift aus zwei Blechplatten, die auf einen Flacheifenftab genietet find, gebildet; die runden Enden des Flacheifens vermögen fich in den genannten Lagern zu drehen. An der Aufsenfeite ift ein Griff *D* angebracht, mit Hilfe deffen das Drehen der Klappe ftattfindet und an deffen Stellung diejenige der Klappe erkennbar ift.

Zuweilen verbindet man die beiden Lagerftücke *B* und *C* mittels eines Rahmens, um leichter eine genaue gegenfeitige Lage der Zapfenlager zu gewinnen, bildet auch wohl das Ganze fo aus, dafs Rahmen mit Klappe behufs einer Ausbefferung frei herausgezogen werden können. Liegen derartige Klappen in wagrechten Kanälen unter einem Fufsboden, oder will man verhindern, dafs jede beliebige Perfon die Klappenftellung zu verändern vermag, fo läfst man die Drehachfe nur bis zur Oberfläche des Fufsbodens, bezw. zur Vorderfläche der Wand vorfpringen und geftaltet das betreffende Achfenende für einen Steckfchlüffel geeignet.

Eine in die Kanalmündung zu legende Klappe verfinnlicht Fig. 198.

In erftere ift ein mit Winkeleifen oder Flacheifenringen verfteifter Blechkaften *A* gefteckt. Das Blech und der Flacheifenring find unten und oben, und zwar in der Mitte, fo durchbohrt, dafs die Welle *B* der Klappe geeignete Lagerung in den Bohrungen findet. Zu diefem Ende ift unter die untere Durchbohrung noch ein Plättchen *C* genietet, welches die Welle *B* in lotrechter Richtung ftützt. An der Klappe ift ein kurzer, mit der Zugftange *E* verbundener Hebel *D* genietet, fo dafs man durch geeigneten Druck auf den Knopf der Stange *E* die gewünfchte Stellung

der Klappe hervorbringen kann. Aus dem Stande des Knopfes vermag man, ſogar aus einiger Entfernung, die Stellung der Klappe zu erkennen; bei vollſtändigem Schluſs ſtöſst die Klappe gegen das Zäpfchen F, bei vollſtändigem Oeffnen gegen die Stange E. Gegen die Winkeleiſenverſteifung iſt ein verzierter Rahmen G geſchraubt, der einerſeits eine Führung für die Stange E gewährt, andererſeits mittels eines Falzes die Vergitterung feſthält. Bei groſsen Mündungsweiten erfordert dieſe Klappe eine ziemlich dicke Kanalwand; man kann in einem ſolchen Falle die Anordnung doppelt (nach Fig. 199) oder auch mehrfach machen.

Fig. 198. Fig. 199. Fig. 200.

$^1/_{10}$ w. Gr. $^1/_{10}$ w. Gr.

Fig. 200 ſtellt eine Droſſelklappe dar, welche von einem tieferliegenden Raume aus, mittels der Kette oder Schnur A, bewegt werden ſoll. Die Zapfen ſind auſserhalb der Mittellinie der Klappe angebracht, damit die Klappe durch ihr eigenes Gewicht ſich ſchlieſst, ſobald die Kette A dies zuläſst.

In der höchſten (lotrechten) Stellung der Klappe würde das erforderliche Uebergewicht nicht vorhanden ſein, weshalb man eine Schraubenfeder auf die Klappe geſetzt hat, welche ſich in erwähnter Stellung gegen die Kanalwand ſtemmt und nach Lockerung der Kette A die Klappe zum Kippen veranlaſst. Die Zapfen der Klappe drehen ſich in zwei Lagern, die durch Uebereinandernieten der beiden **U**-förmigen Bügel C, C gebildet ſind; letztere erhalten hierdurch eine ſolche Lage, daſs die Ränder der Klappe ſich auf die Ränder des aus den Bügeln gebildeten Rahmens legen und ſo einen verhältnismäſsig guten Schluſs bilden.

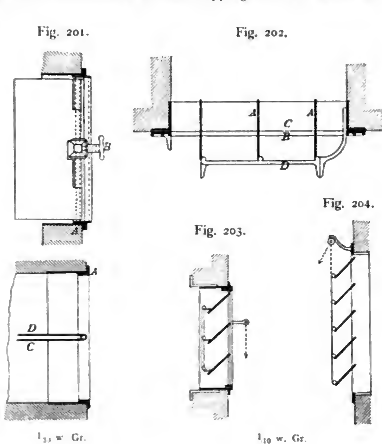


Fig. 201. Fig. 202. Fig. 203. Fig. 204.

$^1/_{10}$ w. Gr. $^1/_{10}$ w. Gr.

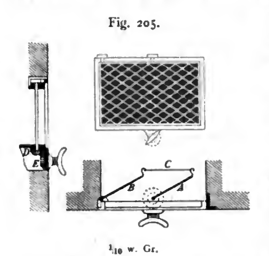
303. Sonſtige Klappen.

Fig. 201 veranſchaulicht eine eigentümliche Klappeneinrichtung in lotrechtem und wagrechtem Schnitt, welche in vielen Fällen gut zu verwenden iſt.

In der Mitte des Rahmens A, welcher eine Vergitterung und beliebige Ausſchmückung erhalten kann, iſt eine lotrechte Spindel befeſtigt. In ihrer Mitte befindet

ſich ein wagrechter Stift, auf dem der Griff *B* nebſt einem Kegelrädchen drehbar aufgeſteckt iſt. Das erwähnte Kegelrädchen ſteht nun mit zwei anderen, um die lotrechte Stange drehbaren Kegelrädchen im Eingriff, von denen das eine mit der Klappe *C*, das andere mit der Klappenhälfte *D* verbunden iſt. Durch Drehen des Griffes *B* wird die Klappenhälfte *D* nach der einen, die Hälfte *C* nach der anderen Richtung gedreht, ſo daſs das Freilegen oder Schlieſsen der Kanalmündung erfolgt.

Fig. 205.



$^1/_{10}$ w. Gr.

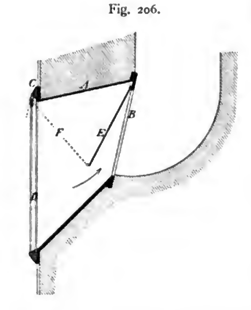
Fig. 202 (wagrechter Schnitt) u. 203 (lotrechter Schnitt) ſtellen Klappenanordnungen dar, welche nicht durch ein Gitter verdeckt werden ſollen.

Die einzelnen, aus geſtanztem Blech oder verziertem Guſseiſen gebildeten Klappen *A* in Fig. 202 haben in der Mitte, unten wie oben, Zapfen, welche in Lagern ſich drehen können, die durch Ausſparungen der zuſammengeſchraubten Rahmenteile *B* und *C* gebildet ſind. Sie ſind mittels der gemeinſchaftlichen Stange *D* durch Gelenke miteinander verbunden. Vorſprünge der Stange *D* einerſeits und Naſen der Rahmen *C* andererſeits werden, behufs Einſtellens der Klappen, zwiſchen Daumen und Zeigefinger genommen.

Bei der Klappenanordnung in Fig. 204 hängen die einzelnen Klappen ebenfalls zuſammen; ſie drehen ſich aber um Zapfen, welche an zwei gleichliegenden Ecken angebracht ſind, ſo daſs ſie ſelbſttätig niederfallen, ſobald ſie hieran nicht gehindert werden. Mittels einer Schnur, die durch einen Glasring geführt iſt und welche auf irgend eine Weiſe an der Wand befeſtigt wird, vermag man die Klappen beliebig zu öffnen.

In Fig. 203 ſieht man eine ganz ähnliche Einrichtung abgebildet, bei welcher die Klappen durch ein Gitter verdeckt ſind und deshalb mit einer der Klappen ein Hebel verbunden wurde, um dieſe und, vermöge des Zuſammenhanges mit den übrigen, ſämtliche Klappen zu öffnen.

Fig. 206.



Endlich iſt die Einrichtung, welche Fig. 205 in lotrechtem und wagrechtem Schnitt, ſowie in der Vorderanſicht verſinnlicht, mit der vorigen verwandt.

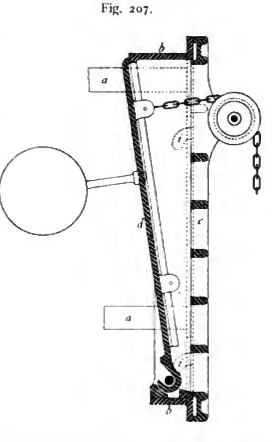
Am unteren Zapfen der Klappe *A* befindet ſich, unterhalb des Rahmens, ein Kegelrädchen *D*, welches mit dem durch einen Handgriff drehbaren Kegelrädchen *E* im Eingriff ſteht. Mit *A* iſt die Klappe *B* vermöge des Stängelchens *C* verbunden. Befindet ſich die Klappe in der Nähe des Fuſsbodens, ſo wird man den Antrieb ſelbſtverſtändlich nach oben legen.

Hier mag noch eine Klappe kurz beſchrieben werden, die ſich dadurch vor den bisher beſprochenen auszeichnet, daſs ſie einen dichteren Abſchluſs gewährt.

Fig. 206 gibt einen lotrechten Schnitt. Der Kaſten *A* iſt im Mauerwerk befeſtigt; er trägt einerſeits den Klappenſitz *B*, andererſeits die teils zum Feſthalten des Gitters *D*, teils zur Verzierung dienende Umrahmung *C*. Am oberen Rande des Klappenſitzes *B* iſt mit Hilfe zweier Gelenke die Klappe *E* aufgehängt, welche ſich ſelbſttätig auf ihren Sitz legt, ſobald es die Spannung der Schnur *F* geſtattet. Die Schnur iſt durch einen Glasring geführt, um ihre Ablenkung in die lotrechte Richtung ohne ſehr groſse Reibung zu geſtatten. Die vorliegende Klappe dient für eine obere Abluftöffnung; ſie iſt leicht in diejenige Geſtalt zu bringen, welche ſie befähigt, als untere Abluftklappe zu dienen. Bemerkenswert iſt noch, daſs die Klappe nur etwa halb ſo groſs iſt als

das Gitter. Dies iſt berechtigt, weil der freie Querſchnitt des Gitterrahmens durch das Gitter teilweiſe (zuweilen mehr als zur Hälfte) verdeckt wird.

Fig. 207.



Man legt, in Rückſicht auf möglicherweiſe notwendig werdende Ausbeſſerungsarbeit, auf die Zugänglichkeit der betreffenden Teile Wert. Die durch Fig. 207 in lotrechtem Schnitt abgebildete Klappe iſt in dieſer Richtung recht hübſch ausgebildet.

Der gufseiſerne Rahmen *b* iſt mittels der Anker *a* im Mauerwerk befeſtigt. Im Rande dieſes Rahmens ſind 4 Oeffnungen ausgeſpart, in welche die Haken *i* des gufseiſernen Gitters *c* greifen, ſo dafs letzteres gut feſtgehalten wird, aber auch bequem abgenommen werden kann. Die eigentliche, beim Schlieſsen gegen den Rahmen *b* ſich legende Klappe *d* dreht ſich um einen feſten Stift, kann aber in entſprechender Lage ohne Umſtände von dieſem abgehoben werden. Wird die Klappe in der gezeichneten Lage benutzt, ſo würde ſie vom Stift abgleiten, wenn nicht die im Querſchnitt angegebenen Leiſten ſie daran hinderten. Das Schlieſsen der Klappe wird durch eine an ihr befeſtigte Schnur oder Kette, das Oeffnen — nach dem Loslaſſen der Kette — durch ein Gewicht herbeigeführt.

Teils um die Klappen dichter ſchlieſsen zu machen, als durch einfaches Aufeinanderlegen der Metallflächen zu erreichen iſt, teils um das Geräuſch zu mindern, welches beim Aufſchlagen der Klappenränder entſteht, belegt man dieſe oder die Ränder des Rahmens häufig mit Filz. Letzterer wird aufgekittet, aufgenietet oder aufgeſchraubt. Letztere beiden Befeſtigungsweiſen verlangen tiefes Einſenken der Niet- oder Schraubenköpfe in den Filz.

Fig. 208.

$^1/_{33}$ w. Gr.

304.
Ventile.

Das Ventil in Fig. 208 iſt ſowohl als Austritts- wie auch als Eintrittsverſchlufsſtück recht brauchbar und zeichnet ſich durch dichten Schlufs aus. In das Querſtück *A* iſt eine Schraubenſpindel *B* genietet, zu welcher die Mutter des Deckels *C* pafst. Durch Drehen des Deckels findet das Einſtellen des Ventils ſtatt.

305.
Geſamtanordnung.

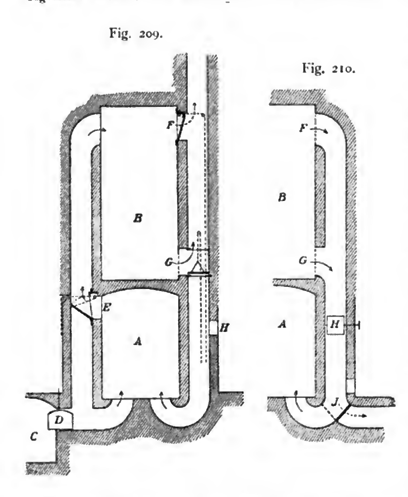
Fig. 209 zeigt ſchematiſch die Klappenanordnung, ſofern man einen Raum *B* von der Heizkammer *A* aus beheizen, von dem Kanal *C* aus mit friſcher Luft verſorgen — ein Flügelgebläſe drückt die Luft in den Kanal *C* — und die gebrauchte Luft nach oben abſtrömen laſſen will.

Zunächſt befindet ſich bei *D* eine Droſſelklappe, welche mehr oder weniger geöffnet wird, je nachdem man eine gröſsere oder geringere Luftmenge zuführen will. Bei *E* befindet ſich die Miſchklappe; legt man, nach Löſen der zugehörigen Kette, die eigentliche Klappe ganz nach links, ſo iſt die geſamte Luft, welche durch *D* einſtrömt, gezwungen, durch die Heizkammer zu gehen; bewegt man dagegen die eigentliche Klappe ganz nach rechts, ſo iſt der Weg durch die Heizkammer *A* der Luft verſperrt, dagegen der lotrecht aufſteigende Kanal frei, ſo dafs die Luft, ohne vorher erwärmt zu werden, in den Raum *B* gelangt. Das Abſtrömen der Luft kann von einer höhergelegenen Stelle des Raumes, nach Oeffnen der oberen Klappe *F*, erfolgen; in der



Regel foll dagegen, aus früher genannten Gründen, die Abluft möglichft nahe über dem Fufsboden abgeführt werden, alfo durch die Oeffnung *G*. Die Luft foll nun entweder nach oben in das Freie geführt oder, behufs wiederholter Erwärmung (Umlaufheizung), der Heizkammer wieder zugeleitet werden. Zu diefem Ende befindet fich bei *G* die fog. Wechfelklappe. Ihre wagrechte Platte kann entweder auf einen Sitz unter oder einen folchen über *G* gelegt werden, fo dafs entweder der Weg nach unten oder derjenige nach oben abgefperrt wird. Die in der Abbildung linksliegenden Klappen find ohne weiteres vom Kellergefchofs aus zu bedienen; die rechtsliegenden Klappen werden durch Schnüre oder Ketten bewegt, welche im rechtsliegenden Kanale fich befinden und, unter Vermittelung der Oeffnung *H*, im Kellergefchofs ergriffen werden können. Eine Regelung der Abftrömungsgefchwindigkeit ift nur möglich, indem man unmittelbar hinter dem Gitter *G* eine der Klappen anbringt, die früher befchrieben wurden.

Fig. 209. Fig. 210.



Soll die Heizung und Luftzuführung fo fein, wie foeben angegeben, dagegen die Luftabführung nach unten erfolgen, fo ift die betreffende Klappenanordnung nach Fig. 210 einzurichten. Bei *F* ift keine Klappe nötig, weil, wenn der Widerftand bei *G* ein entfprechend niedriger ift, die im oberen Teile des Raumes befindliche wärmere und leichtere Luft keine Veranlaffung hat, nach unten abzufliefsen. Bei *G* bringt man eine paffende der früher befchriebenen Klappen an, um die Oeffnung *G* vom Raume aus zu fchliefsen, fobald deffen zu grofse Erwärmung das Abführen der wärmften, oberften Luftfchichten wünfchenswert erfcheinen läfst. Bei *H* befindet fich eine Droffelklappe zum beliebigen Verengen des Querfchnittes, um die Abflufsmenge der Luft zu regeln; endlich bei *J* die Wechfelklappe, welche geftattet, entweder den Weg nach der Heizkammer oder denjenigen nach dem Abluftfchacht zu fperren; beide Klappen werden im Kellergefchofs unmittelbar mit der Hand eingeftellt.

Die durch Fig. 209 u. 210 dargeftellten Anordnungen leiden an der Schwäche, dafs — da man die Kanalquerfchnitte für die Umlaufheizung bemeffen mufs — die Kanäle fur die Lüftungsheizung viel zu grofs ausfallen, wodurch die befriedigende Regelung erfchwert wird.

306. Wechfelklappen

Wechfelklappen werden häufig gebraucht, um der Heizkammer oder dem Ofen entweder frifche Luft oder Zimmerluft zuzuführen.

In Fig. 211 u. 212 fteht *A* mit dem Ofen, *B* mit dem Frifchluftkanal, *C* mit dem zu heizenden Zimmer in Verbindung. Je nachdem man die eine, bezw. die beiden mittels der Stange *D* verbundenen Platten nach der einen oder anderen Seite fchiebt, verlegt man den einen Weg, während der andere geöffnet wird. Auch ift es möglich, mit Hilfe diefer Klappen teilweife frifche, teilweife bereits benutzte Luft zum Ofen gelangen zu laffen, indem man den Platten eine mittlere Stellung gibt.

Gleiches erreicht man mittels der doppelten Droffelklappe Fig. 214. In der Platte *A* befinden fich hintereinander, an einer und derfelben Spindel fteckend, die Droffelklappen *B*

und C, die fo gegeneinander geftellt find, dafs die eine ihre Oeffnung fchliefst, fobald die andere die ihrige möglichft freihält.

Ebenfo fchliefst der Bogenfchieber C (Fig. 213) eines Ofenmantels die Oeffnung A, welche nach dem Zimmer zu gerichtet ift, fobald die mit dem Freien in Verbindung ftehende Oeffnung B geöffnet wird, und umgekehrt.

In mehreren Berliner Schulen find die obere und untere Luftabzugsöffnung mit lotrecht beweglichen Schiebern verfehen, die mittels einer Stange miteinander verbunden find. Senkt man beide Schieber, fo wird die obere Oeffnung freigelegt, während die untere gefchloffen wird und umgekehrt. Diefelbe Anordnung findet man dort auch als Mifchklappe verwendet.

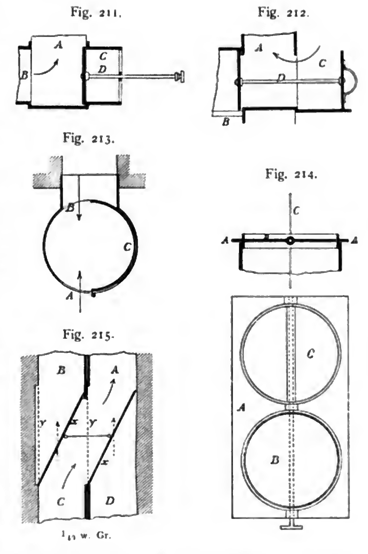


Fig. 215 verfinnlicht eine doppelte Wechfelklappe, welche für manche Fälle gut verwendbar ift.

Der Kanal C mündet unmittelbar über dem Fufsboden des Zimmers; der Kanal D fteht mit dem Frifchluftkanal in Verbindung; der Kanal A führt die Luft in die Heizkammer oder zu einem ummantelten Ofen, der Kanal B aber zu einem Abluftfchlot. Eine der Klappenachfen ift mit einem Griff und einer Vorrichtung verfehen, welche die Klappen in der ihnen gegebenen Lage fefthält; die Klappen felbft find mit einer Stange verbunden, fo dafs fie nur gemeinfchaftlich geftellt werden können. Wählt man die Stellung x, fo wird dem Heizkörper Zimmerluft zugeführt, während fowohl die Luftzuftrömung, als auch die Luftabftrömung verlegt ift; wählt man die punktierte Stellung y, fo wird Zimmerluft in das Freie geführt, während frifche Zuluft zum Ofen gelangt.

Die Mifchklappen oder Mifchventile haben den Zweck, die Stärke der zu mifchenden beiden Luftftröme, die eine beftimmte Zwifchentemperatur haben follen, zu regeln. Für den Fall, dafs die Wege des kalten, warmen und gemifchten Stromes in gleicher Richtung liegen, deutet Fig. 209 (S. 259) bei E die Einrichtung der Mifchklappe genügend an. Bewegt fich der warme Strom wagrecht und foll das Gemifch fich ebenfo bewegen, fo mufs — nach Fig. 216 — die kalte Luft von oben eingeführt werden, damit fie durch ihre Schwere die Mifchung fördert.

Sturtevant[203]) benutzt — nach Fig. 217 — eine Blechtrommel D als »Klappe«, die dem Ende der beiden wagrechten, aus Blech angefertigten Zuluftkanäle A und B angelenkt und mittels der Kette i bewegt wird. Er erreicht hierdurch, dafs die Summe der Ausflufsquerfchnitte ftets gleich demjenigen eines der beiden Kanäle A oder B bleibt.

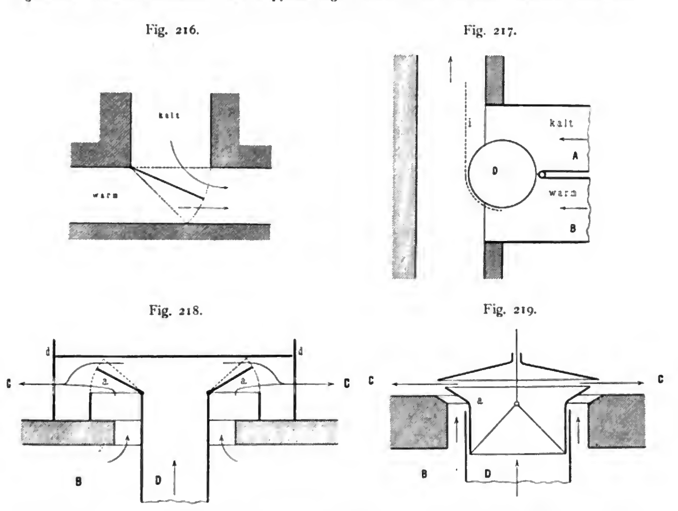
Im Reichsratshaufe zu Wien (Fig. 218) findet die Erwärmung der durch den Fufsboden des Sitzungsfaales einzuführenden frifchen Zuluft wie folgt ftatt. Ein unterer Raum erhält die kalte Zuluft zugeführt. Sie gelangt zum Teil in die höher gelegene Heizkammer B, und von hier

203) Siehe: Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1894, S. 182.

unter die Klappe a, zum Teil durch einen Blechkanal D unerwärmt über a. Der kalte Strom fällt in den warmen, und beide ftrömen in den Mifchraum C. Die Schieber d dienen zum Regeln der Luftmenge. — Im Opernhaus zu Stockholm ift zu gleichem Zweck das durch Fig. 219 dargeftellte Mifchventil verwendet. Die Kappe E liegt in feftem Abftande zum Fufsboden der Mifch-

Fig. 216. Fig. 217.

Fig. 218. Fig. 219.



kammer C. Das Kaltluftrohr D hat kreisförmigen Querfchnitt; in ihm ift der Hals des Ventils a mittels der Stange i lotrecht zu verfchieben, wodurch das Verhältnis der beiden Stromftärken geregelt wird.

Aufser den vorgeführten Schieber-, Klappen- u. f. w. Anordnungen gibt es noch eine grofse Zahl anderweitiger Einrichtungen, die indes, um den Rahmen des vorliegenden »Handbuches« nicht zu überfchreiten, übergangen werden mögen.

---

11. Kapitel.

Rohrleitungen für Waffer und Dampf.

a) Abmeffungen.

307
Dampfrohre.

Die nötigen Grundlagen für die genaue Berechnung der Dampfrohre find in Art. 231 (S. 186 bis 192) gegeben. Für die meiften Fälle ift die in Art. 231 (S. 191 u. 192) angegebene weniger genaue Rechnung zuläffig.

Man geht vom verfügbaren Druckunterfchied innerhalb der Dampfleitung aus, vom Dampferzeuger bis zum Heizkörper. Bei Niederdruck-Dampfheizungen (fiehe

weiter unten) beträgt diefer vielfach nur 1000 mm Wafferfaule oder 1000 kg für 1 qm Querfchnitt, oft fogar noch weniger. Soll die Heizungsanlage mit höher gefpanntem Dampf arbeiten und wird das gebildete Niederfchlagswaffer durch eine Kolben- oder Strahlpumpe in den Dampfentwickler zurückgeführt, fo ift natürlich ein fehr grofser Druckunterfchied verfügbar, da es in der Regel keinen Wert hat, in den Heizkörpern erheblich höheren Druck als den der freien Atmofphäre entftehen zu laffen.

Den verfügbaren Druckunterfchied verteilt man nun — ähnlich wie in Art. 56 (S. 51) bei Berechnung der Gasleitungen — auf die durch örtliche Verhältniffe gegebene gefamte Länge der Leitung, beftimmt alfo, welcher Druckverluft in jedem Meter der Leitung zuläffig ift, unter Berückfichtigung etwaiger Ablenkungen, Ventile und dergl.

Der zweite Ausgangspunkt ift die zu fördernde Dampfmenge. Sie ift dem Gewichte nach aus dem Wärmeerfordernis bekannt. Man beftimmt die Raummenge nach der mittleren Spannung; die nachftehende Tabelle gewährt hierfür den nötigen Anhalt.

Ueberdruck	Temperatur	Verdampfungswärme w	γ = Gewicht von 1 cbm	$\frac{1}{\gamma}$	Ueberdruck	Temperatur	Verdampfungswärme w	γ = Gewicht von 1 cbm	$\frac{1}{\gamma}$
0	100	537	0,58	1,72	10000	120	522	1,12	0,89
500	101	536	0,61	1,64	12000	123	520	1,22	0,82
1000	102	535	0,64	1,56	14000	125	518	1,32	0,76
1500	103	534	0,67	1,50	16000	128	517	1,42	0,70
2000	104	533	0,69	1,44	18000	130	515	1,52	0,65
2500	106	533	0,72	1,39	20000	133	513	1,63	0,61
3000	107	532	0,74	1,35	25000	138	509	1,89	0,53
4000	109	530	0,80	1,25	30000	143	506	2,14	0,47
5000	111	529	0,85	1,18	35000	147	503	2,39	0,42
6000	113	527	0,90	1,11	40000	151	500	2,64	0,38
7000	115	526	0,96	1,04	45000	155	497	2,89	0,35
8000	116	525	1,01	0,99	50000	158	495	3,13	0,32
9000	118	524	1,06	0,94					
Kilogr. für 1 qm	Grad C.	Wärmeeinheiten	Kilogr.	Kub.-Met für 1 kg	Kilogr. für 1 qm	Grad C.	Wärmeeinheiten	Kilogr.	Kub.-Met. für 1 kg

Die Dampfmenge V (in Kilogr.), welche ftündlich in der Leitung durch Wärmeverlufte verloren geht, wird zunächft gefchätzt, ebenfo die Rohrweite d (in Centim.), fo dafs man nach Gleichung 100 (S. 192), welcher die andere Geftalt

$$d = \sqrt[5]{\frac{1{,}9\, l + 0{,}64\, d\, \Sigma \xi}{\gamma\, (p_1 - p_2)} \left(Q + \frac{V}{2}\right)^2} \quad \ldots \ldots \quad 141.$$

gegeben wird, die erforderliche Rohrweite berechnen kann.

Die vorherige Schätzung des d für das zweite Glied des erften Klammerausdruckes in Gleichung 141 ift unbedenklich, weil felbft ein erheblicher Irrtum das Rechnungsergebnis nur wenig beeinflufst, ein folcher überdies fofort, durch Vergleichen des gefchätzten mit dem berechneten d, erkannt wird.

Das Glied $0{,}64\, d\, \Sigma \xi$ ift immer kleiner als $1{,}9\, l$; in Ausnahmefällen kann erfteres dem letzteren gleich, d. h. der durch Ablenkungen u. f. w. der Leitung entftehende Widerftand ebenfo grofs

werden wie der Reibungswiderftand. Wäre letzteres der Fall und würde d felbft doppelt fo grofs gefchätzt, als es die Rechnung ergibt, fo würde der Klammerausdruck ftatt $1+1$ zu $1+2$, oder $\frac{3}{2}$ mal fo grofs, als ihm zukommt. Es ift aber $\sqrt[5]{\frac{3}{2}} = 1{,}085$, d. h. das Rechnungsergebnis würde 8,5 Vomhundert gröfser, als es fein follte.

Beifpiel 1. Nach einem 22 m vom Dampfentwickler entfernten Orte follen ftündlich 84000 Wärmeeinheiten überliefert werden. Der Druck im Keffel foll 1000 kg, der Druck am Ende der Leitung 400 kg betragen; fomit ift, nach obiger Tabelle, $\gamma = 0{,}62$, und die Wärmemenge, welche 1 kg Dampf ftündlich liefert, $w = 536$, alfo $Q = \frac{84\,000}{536} = 156{,}7 = \infty\ 157$ kg. Die wirkliche Länge der Leitung betrage, wegen einiger notwendiger Krümmungen, $l = 28{,}6$ m, und es fei $\Sigma\xi = 3{,}6$. Weil das Rohr gut eingehüllt werden foll, fo mag V zu 8, ferner $d = 6$ cm gefchätzt werden. Alsdann ift nach Gleichung 141

$$d = \sqrt[5]{\frac{1{,}9 \cdot 28{,}6 + 0{,}64 \cdot 6 \cdot 3{,}6}{0{,}62\,(1000-400)}\left(157 + \frac{8}{2}\right)^2} = 5{,}14 \text{ Centim.}$$

Da diefe Rohrweite im Handel nicht vorkommt, fo wählt man $d = 6$ cm (Gufseifen) und erhält als Widerftand nach Gleichung 100 (S. 192)

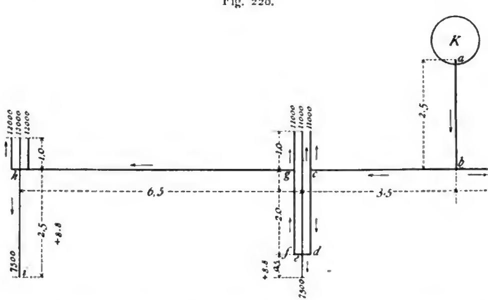
$$p_1 - p_2 = (1{,}9 \cdot 28{,}6 + 0{,}64 \cdot 6 \cdot 3{,}6)\frac{\left(157 + \frac{8}{2}\right)^2}{0{,}62 \cdot 6^5} = 366{,}5 \text{ kg},$$

fo dafs alfo ein erheblicher Teil der verfügbaren Kraft unbenutzt bleibt.

Für die Berechnungen folcher Leitungen, welche keine langen ungeteilten Strecken enthalten, empfiehlt fich ein Rechnungsverfahren anzuwenden, welches dem in Art. 56 (S. 51) für Gasleitungen angeführten ähnlich ift. Es möge ein Beifpiel angeführt werden.

Beifpiel 2. Vom Dampfentwickler K (Fig. 220) aus foll der Dampf mittels der Leitung $a\,b\,c \ldots\ldots i$ zu 3 Heizkammern, welche je 11000, 3 Heizkammern, welche je 12000, und örtlich aufgeftellten Heizkörpern, welche je 2500 Wärmeeinheiten gebrauchen, geführt werden.

Fig. 220.



In Rückfichtnahme auf die Dehnung der Rohre ift die Schleife $c\,d\,f\,g$ eingefchaltet; die Zweigrohre und fämtliche Längen enthält Fig. 220, wobei erläuternd bemerkt werden mufs, dafs die bei e und i verzeichneten 8,80 m Länge lotrecht zu den in 3 verfchiedenen Gefchoffen aufgeftellten Heizkörpern emporführt.

Der höchfte Dampfüberdruck foll 600 kg betragen; von diefem find 500 kg für 1 qm zur Ueberwindung der Widerftände verfügbar. Die gröfste Entfernung (von a bis i) beträgt: $2{,}5 + 3{,}5$

$+ 2 \,.\, 2{,}0 + 6{,}5 + 2{,}5 + 8 = 27^{\text{m}}$, fo dafs auf jedes Meter nur $\frac{500}{27} = 18{,}5^{\text{kg}}$ Druckverluft verfügbar ift.

Nach der Tabelle auf S. 262 ift γ = rund $0{,}6$, fo dafs 1^{kg} Dampf 536 Wärmeeinheiten liefert.

Die Gröfse des Wertes V ift für jede einzelne der Strecken fo klein, dafs fie vorläufig vernachläffigt werden foll; das gleiche gilt von den ξ, fo dafs die Gleichung 141 die Geftalt

$$d = \sqrt[5]{\frac{1{,}9 \, l \, Q^2}{\gamma\,(p_1 - p_2)}} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad 142.$$

oder für $l = 1^{\text{m}}$

$$d = 0{,}7 \sqrt[5]{Q^2} \quad \ldots \ldots \ldots \ldots \quad 143.$$

erhält. Die Strecke ih hat 7500 Wärmeeinheiten, alfo $\frac{7500}{536} = 14^{\text{kg}}$ Dampf zu liefern; daher ift das zugehörige $d = 2^{\text{cm}}$. In Rückfichtnahme auf den Umftand, dafs im lotrechten Teile diefer Leitung das Niederfchlagwaffer dem Dampf entgegenfliefst und dafs ein 2^{cm} weites Rohr im Handel überhaupt nicht vorkommt, foll ftatt deffen $d = 2{,}5^{\text{cm}}$ genommen werden.

Von h zweigen fich 3 Leitungen ab, welche je $\frac{12000}{536}^{\text{kg}}$ Dampf abzuliefern haben. Ihre Weite berechnet fich nach Gleichung 143 demnach zu $2{,}38^{\text{cm}}$, wofür ebenfalls $d = 2{,}5^{\text{cm}}$ gefetzt werden foll.

Zwifchen h und g find $\frac{43500}{563}^{\text{kg}}$ Dampf zu fördern; fonach ift das zugehörige $d = 3{,}98$ oder $\backsim 4{,}4^{\text{cm}}$.

Die Weite der Strecke gfe kann man hiernach ohne weiteres zu $5{,}1^{\text{cm}}$ beftimmen.

edc fördert, aufser den Dampfverluften, $\frac{73000}{563}^{\text{kg}}$ Dampf, mufs fomit $4{,}59 = \backsim 5{,}1^{\text{cm}}$ weit fein. cb leitet $\frac{83000}{536}^{\text{kg}}$, bedarf alfo $5{,}15^{\text{cm}}$, wofür vorläufig, da bisher die Ablenkungswiderftände fowie die Dampfverlufte eine Berückfichtigung nicht erfahren haben, die nächft gröfsere im Handel vorkommende Weite von 6^{cm} genommen werden foll.

In dem Falle, dafs rechts von b ebenfoviel Dampf gebraucht wird als links, gewinnt man endlich die Weite der Leitung ab zu $8{,}01$, wofür 8^{cm} gefetzt werden foll.

Um fich zu vergewiffern, dafs durch die gewählten Rohrweiten dem Dampfverluft und den durch Ablenkung entftehenden Widerftänden in genügendem Grade Rechnung getragen worden ift, kann man den Gefamtwiderftand von a bis i nach Gleichung 100 (S. 192) wie folgt berechnen. Es ift

$$\begin{aligned} p_1 - p_2 = {} & [1{,}9 \,.\, 11{,}2 + 0{,}64 \,.\, 2{,}5 \,.\, 1{,}2] \frac{(14 + 0{,}7)^2}{0{,}6 \,.\, 2{,}5^5} + [1{,}9 \,.\, 6{,}5 + 0{,}64 \,.\, 4{,}4 \,.\, 1] \frac{(81 + 1{,}39)^2}{0{,}6 \,.\, 4{,}4^5} \\ & + [1{,}9 \,.\, 2 + 0{,}64 \,.\, 5{,}1 \,.\, 2] \frac{(101 + 1{,}64)^2}{0{,}6 \,.\, 5{,}1^5} + [1{,}9 \,.\, 2 + 0{,}64 \,.\, 5{,}1 \,.\, 2] \frac{(131 + 2{,}57)^2}{0{,}6 \,.\, 5{,}1^5} \\ & + [1{,}9 \,.\, 3{,}5 + 0{,}64 \,.\, 6 \,.\, 1] \frac{(155 + 3)^2}{0{,}6 \,.\, 6{,}5} + [1{,}9 \,.\, 2{,}5 + 0{,}64 \,.\, 8 \,.\, 1{,}2] \frac{(316 + 0{,}2)^2}{0{,}6 \,.\, 8^5} \\ & = 446{,}64^{\text{kg}} \end{aligned}$$

d. h. die gröfste Länge liefert einen etwas kleineren Widerftand, als der verfügbare Druck beträgt.

Zur Berechnung der Dampfverlufte wurden folgende Zahlen benutzt. 1^{m} gut eingehüllter Rohre verdichtet ftündlich:

	Weite		Dampf			Weite		Dampf	
	bei $2{,}5^{\text{cm}}$ Weite . . .		$0{,}12^{\text{kg}}$ Dampf			bei $6{,}0^{\text{cm}}$ Weite . . .		$0{,}22^{\text{kg}}$ Dampf	
[	» $3{,}1$ » » . . .		$0{,}13$ » »	]	[	» $7{,}0$ » »		$0{,}24$ » »	]
[	» $3{,}7$ » » . . .		$0{,}15$ » »	]		» $8{,}0$ » »		$0{,}26$ » »	
	» $4{,}4$ » » . . .		$0{,}18$ » »		[	» $9{,}0$ » »		$0{,}28$ » »	]
	» $5{,}1$ » » . . .		$0{,}20$ » »		[	» $10{,}0$ » »		$0{,}30$ » »	],

wobei zu bemerken ift, dafs die nicht benutzten, durch Klammern gekennzeichneten Werte der Vollftändigkeit halber hier hinzugefügt worden find.

Die Rohre für das Niederfchlagwaffer berechnet man in ähnlicher Weife. Setzt man in die allgemeine Widerftandsformel 71 (S. 183) $\varkappa = 0{,}00035$, $\frac{u}{q} = \frac{4}{D}$, $\frac{\gamma}{2g} = 50$, und fchätzt man $\frac{1}{v}$ zu 4, fo gewinnt man

$$p_1 - p_2 = 1{,}68 \frac{2}{D} v^2 \quad \dots \dots \dots \dots \quad 144.$$

Berückfichtigt man ferner, dafs die ftündlich geförderte Waffermenge beträgt:

$$M = D^2 \frac{\pi}{4} v \, 3600 \, . \, 1000 \text{ Kilogr.} \quad \dots \dots \dots \quad 145.$$

und erfetzt man das D in Met. durch d in Centim., fo entfteht

$$d = 0{,}29 \sqrt[5]{\frac{l\,M}{p_1 - p_2}} \text{ Centim.,}$$

worin l in Met. und M in Kilogr. für die Stunde einzuführen ift. Dafür kann man fetzen

$$d = 0{,}3 \sqrt[5]{\frac{l\,M}{p_1 - p_2}} \quad \dots \dots \dots \dots \quad 146.$$

Wieprecht[204]) empfiehlt, in Rückficht auf fich bildende Ablagerungen und fonftige Unregelmäfsigkeiten, die Vorzahl 0,3 auf 0,4 zu vergröfsern, d. h. mit

$$d = 0{,}4 \sqrt[5]{\frac{l\,M}{p_1 - p_2}} \quad \dots \dots \dots \dots \quad 147.$$

zu rechnen. Finden fich in der Leitung erhebliche fcharfe Ablenkungen und dergl., fo wird man den Rohrdurchmeffer noch etwas reichlicher wählen.

Im allgemeinen pflegen für $p_1 - p_2$, d. i. für Ueberwindung der Rohrwiderftände 200 bis 300 kg für 1 qmm oder ebenfoviele Millimeter Wafferfäule verfügbar zu fein.

308. Wafferrohre.

Die Mafse der Wafferheizungsrohre werden ähnlich berechnet wie diejenigen der Kanäle für Luft und Rauch. Da, wie fchon erwähnt, der Vorfchlag, das Waffer mittels eines Dampfftrahles zu bewegen, für jetzt keine Bedeutung hat, fo wird im folgenden nur von folchen Anlagen die Rede fein, bei denen die Bewegung des Waffers durch Auftrieb erfolgt.

Fig. 221.

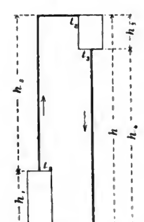


Fig. 221 zeigt die allgemeine Anordnung einer einfachen Wafferheizung. In einem unteren Gefäfse oder einer Rohrfchlange wird das Waffer von t_1 auf t_2 Grad erwärmt, in einem oberen von t_2 auf t_1 Grad abgekühlt. Vermöge des hierdurch entftehenden Auftriebes findet der Umlauf des Waffers ftatt.

In Gleichung 105 (S. 195) wurde die Gröfse des Auftriebes allgemein zu

$$\mathfrak{A} = 0{,}002 \, (h_1 + h_2) \, (t_2{}^2 - t_1{}^2), \quad \dots \dots \quad 148.$$

und in Gleichung 107 (S. 195) zu

$$\mathfrak{A} = 0{,}004 \, h \, (t_2{}^2 - t_1{}^2) \quad \dots \dots \dots \quad 149.$$

[204]) Siehe: Gefundh.-Ing. 1894, S. 357.

für den beſonderen Fall beſtimmt, daſs $h_1 = h_3$ iſt. Die Widerſtände ſind nach Gleichung 71 (S. 183)

$$\mathfrak{W} = \gamma \left[\varkappa l \frac{u}{q} \left(\frac{1}{v} + 20\right) + \Sigma \xi\right] \frac{v^2}{2g} \quad \ldots \ldots \quad 150.$$

Nun betragen die Waſſertemperaturen:

$$65 \text{ Grad} \geqq t_1 \geqq 35 \text{ Grad, alſo im Mittel } 50 \text{ Grad}$$

und

$$200 \text{ Grad} \geqq t_2 \geqq 80 \text{ Grad, » » » } 140 \text{ Grad.}$$

Da für gewöhnlich der Hinweg des Waſſers dem Rückweg etwa gleich iſt, ſo kann man für γ in Gleichung 150 einen Mittelwert für die Temperatur

$$\frac{50 + 140}{2} = 95 \text{ Grad, d. i. } \frac{\gamma}{2g} = 50$$

einſetzen.

Für die Leitungen werden regelmäſsig Rohre kreisrunden Querſchnittes verwendet; folglich iſt

$$\frac{u}{q} = \frac{D\pi}{\frac{D^2\pi}{4}} = \frac{4}{D}.$$

Nach Einſetzung dieſer Ausdrücke und Gleichſetzung der Widerſtände und des Auftriebes entſteht

$$\mathfrak{A} = 50 \left[\varkappa \frac{4l}{D} \left(\frac{1}{v} + 20\right) + \Sigma \xi\right] v^2, \quad \ldots \ldots \quad 151.$$

$$\left(4000 \varkappa \frac{l}{D} + 50 \Sigma \xi\right) v^2 + 200 \varkappa \frac{l}{D} v - \mathfrak{A} = 0,$$

$$v = \frac{-200 \varkappa \frac{l}{D} \pm \sqrt{\left(200 \varkappa \frac{l}{D}\right)^2 + 200 \left(80 \varkappa \frac{l}{D} + \Sigma \xi\right) \mathfrak{A}}}{100 \left(80 \varkappa \frac{l}{D} + \Sigma \xi\right)} \quad \ldots \quad 152.$$

In dieſer Gleichung gilt zweifellos das + Zeichen vor der Wurzel, ſo daſs

$$v = \frac{\sqrt{\left(200 \varkappa \frac{l}{D}\right)^2 + 200 \left(80 \varkappa \frac{l}{D} + \Sigma \xi\right) \mathfrak{A}} - 200 \varkappa \frac{l}{D}}{100 \left(80 \varkappa \frac{l}{D} + \Sigma \xi\right)} \quad \ldots \quad 153.$$

iſt. Dieſes v iſt zu erreichen; durch Einſetzen der Werte

$\varkappa = 0{,}00035$ und $\mathfrak{A} = 0{,}002\ (h_1 + h_2)\ (t_2^2 - t_1^2)$, bezw. $\mathfrak{A} = 0{,}004\ h\ (t_2^2 - t_1^2)$

wird der Ausdruck vervollſtändigt zu

$$v = \frac{\sqrt{\left(\frac{l}{D}\right)^2 + \left(2{,}3 \frac{l}{D} + 82 \Sigma \xi\right) (h_1 + h_2) (t_2^2 - t_1^2)} - \frac{l}{D}}{40 \frac{l}{D} + 1430 \Sigma \xi}, \quad 154.$$

bezw.

$$v = \frac{\sqrt{\left(\frac{l}{D}\right)^2 + \left(4{,}6 \frac{l}{D} + 163 \Sigma \xi\right) h\ (t_2^2 - t_1^2)} - \frac{l}{D}}{40 \frac{l}{D} + 1430 \Sigma \xi} \quad \ldots \quad 155.$$

Demgegenüber wird, da die Wärmemenge W übertragen werden foll, verlangt

$$v = \frac{W}{D^2 \frac{\pi}{4} 3600 \gamma (t_2 - t_1)} = \frac{W}{2\,700\,000\, D^2 (t_2 - t_1)} \quad . \quad . \quad . \quad 156.$$

Nunmehr ift wieder verfuchsweife ein zu fchätzendes D einzufetzen und zu unterfuchen, ob es den Anforderungen entfpricht oder nicht.

Abgefehen von dem D und dem gefuchten v find in den Gleichungen 153 bis 156 bekannt: l und $\Sigma\xi$; beide Werte können ohne weiteres aus dem den örtlichen Verhältniffen angefchmiegten vorläufigen Plane entnommen werden; h_4 und h_2 find meiftens nicht von vornherein bekannt, weil h_1 und h_3 erft durch den genaueren Entwurf feftgelegt werden. Alsdann vermag man aber das h der Gleichung 106 oder, was dasfelbe ift, $\frac{h_1 + h_2}{2}$ ziemlich gut zu fchätzen; man rechnet mit ihm unter Benutzung der Gleichung 155, unter dem Vorbehalt, nach Umftänden fpäter, auf Grund der Gleichung 154, die Rechnung zu wiederholen.

Die Temperaturen t_2 und t_1 des Waffers können willkürlich gewählt werden.

309. Nieder-, Hoch- und Mitteldruck-Waflerheizung.

Soll die Leitung oben offen fein, fo dafs etwa gebildeter Dampf frei entweichen kann, fo kann t_2 nicht gröfser fein als 100 Grad; um jedoch ein »Ueberkochen« zu verhüten, d. h. zu verhindern, dafs durch eine geringe Unvorfichtigkeit des Heizers eine Dampfbildung und die mit ihr verknüpften Uebelftände eintreten, wählt man t_2 nur = 90 Grad und nennt die betreffende Heizungsart Niederdruck- oder Warmwafferheizung, auch offene Wafferheizung.

Behufs Gewinnung einer recht kleinen Heizfläche wird die Temperatur des Waffers gröfser genommen; das Verfahren, um Dampfbildung zu verhüten, bedingt eine gefchloffene Leitung, weshalb man die betreffende Heizungsart im allgemeinen gefchloffene Wafferheizung nennt. Innerhalb diefes Begriffes kommen vor: die Hochdruck-Wafferheizung, auch *Perkins*-Heizung genannt, mit $t_2 = 200$ Grad, fo dafs das Waffer unter einem Ueberdrucke von etwa 145000 kg für 1 qm (oder 14,5 Atmofphären) gehalten werden mufs; häufiger die Mitteldruck-Wafferheizung mit $t_2 = 150$ Grad, bei welcher der nötige Ueberdruck nur 40000 kg (4 Atmofphären) beträgt.

t_1, d. i. die Temperatur, mit welcher das Waffer den wärmeabgebenden Körper verläfst, ift jedenfalls gröfser anzunehmen als die Temperatur der den Heizkörper befpülenden Luft. Je mehr erftere die letztere überragt, defto kleiner fallen die Heizflächen aus, umfo billiger werden die Wärmeftrahler; dagegen wächft die zur Uebertragung der Wärmemenge W erforderliche Waffermenge und mindert fich der Auftrieb mit der Abnahme des Temperaturunterfchiedes $t_2 - t_1$, d. h. es wird mit letzterer die Rohrleitung verteuert.

Je nachdem die Minderung der Koften für die Wärmeftrahler oder diejenige für die Rohrleitung, je nachdem die Raumerfparnis für erftere oder letztere von gröfserer Bedeutung ift, wählt man t_1 gröfser oder kleiner. Die äufserften Grenzen durften, bei voller Beanfpruchung der Heizung, die bereits in Art. 308 (S. 266) angegebenen

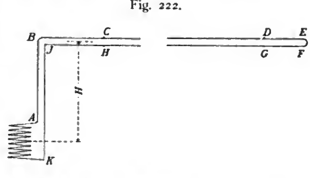
$$65 \text{ Grad} \geq t_1 \geq 35 \text{ Grad}$$

fein.

Die zunächst schätzungsweise Wahl des D hat natürlich nach den verfügbaren Rohrdurchmessern stattzufinden.

Beispiel. Es sei eine Mitteldruck-Wasserheizung mit $(D=)$ $0{,}022$ m weiten Rohren (äußerer Durchmesser $= 0{,}033$ m) zu berechnen. Die nach den örtlichen Verhältnissen getroffene Anordnung stellt Fig. 222 im Aufriss dar, wobei zu bemerken ist, dass bei C, D, G und H rechtwinkelige, abgerundete Ablenkungen in wagrechter Ebene vorliegen und der Wassererwärmer aus $(L_1 =)$ $15{,}50$ m schlangenförmig gebogenen Rohren gleicher Weite besteht. Der Krümmungshalbmesser dieser Schlangen ist so groß, dass Wirbelungen des Wassers in den Krümmungen nicht beachtet zu werden brauchen. Die Leitung von B über E nach J dient als Wärmestrahler; ihre Länge ist in Rücksicht hierauf zu $(L_2 =)$ 144 m bestimmt worden. Die nur der Leitung dienenden Rohrstrecken AB und JK messen zusammen $(L_3 =)$ $4{,}50$ m, so dass die gesamte Rohrlänge $l = 164$ m beträgt.

Fig. 222.



Die Ablenkungen A, K und J sind scharfwinkelig, die bei C, D, E, F, G und H gelegenen abgerundet. Daher ist

$$\Sigma \xi = 3 \,.\, 1 + 6 \,.\, 0{,}5 = 6 \,.$$

Gegeben sind ferner $W = 12\,000$, $H = 2$ m, $t_1 = 50$ Grad und $t_2 = 150$ Grad.

Hiernach ist $\frac{l}{D} = 164 \,.\, 0{,}022 = 7454$; $\left(\frac{l}{D}\right)^2 = 55\,562\,116$;

$$4{,}6 \frac{l}{D} = 34288; \quad 163\, \Sigma \xi = 978;$$

$$40 \frac{l}{D} = 298\,160; \quad 1430\, \Sigma \xi = 8580;$$

$$t_2^2 - t_1^2 = 22\,500 - 2500 = 20\,000;$$

folglich ist das zu erreichende

$$v = \frac{\sqrt{55562116 + (34288 + 978)\, 2 \,.\, 20000} - 7454}{298\,160 + 8580} = 0{,}10 \text{ m}.$$

Dagegen ist das verlangte

$$v = \frac{12000}{2700000 \,.\, 0{,}022^2 \,.\, (150 - 50)} = 0{,}092 \text{ m}.$$

Man kann mit dieser Uebereinstimmung zufrieden sein, vielleicht — wenn darauf Wert gelegt wird — H ein wenig kleiner wählen.

Hätte sich herausgestellt, dass mittels der Anlage die erforderliche Wassergeschwindigkeit nicht zu erreichen wäre, so würde man — je nach Umständen — H größer wählen oder die Leitung doppelt, bei entsprechend geringerer Länge, ausführen.

310. Niederdruckheizung mit Oefen.

Hochdruck- und Mitteldruck-Wasserheizungen gestatten, der vorkommenden großen Spannungen halber, nur enge Rohre, sowohl für die Leitung als auch für die wärmeaufnehmenden und wärmeabgebenden Körper; Niederdruck-Wasserheizungen werden dagegen mit weiten Rohren ausgestattet und ihre Heizkörper häufig kasten- oder kesselförmig gestaltet. Man legt mehrere nebeneinander herlaufende Rohre in eines zusammen und speist so von einem »Heizkessel« mehrere »Heizöfen«, indem an geeigneten Orten der Leitungen mittels Zweigrohren die einzelnen Oefen angeschlossen werden.

Fig. 223 links zeigt z. B. die Anordnung, nach welcher jeder Ofen *B*, *C*, *D* feine eigene Leitung hat; nur der Heizkeffel *A* ift gemeinfam. Die Rohre find fo verlegt, dafs die zunächft in ihnen vorhandene oder im Laufe des Betriebes freiwerdende Luft fich nirgend feftfetzen kann, fondern zum Ausdehnungsgefäfs *E* geführt wird. Nach Fig. 223 rechts find das Steigrohr *AE* und auch das mit einigem Gefälle verlegte Verteilungsrohr gemeinfam; die Rohre, welche das Waffer zum Keffel zurückführen, find einzeln geblieben. Man kann fie — nach den geftrichelten Linien — zufammenfügen, mufs dann aber jedes einzelne Fallrohr von der Seite oder von unten in das gemeinfame Rohr münden laffen. Verfäumt man dies, fchliefst man die Fallrohre des gemeinfamen Rohres von oben an; fo kann, wenn z. B. das zu *D* gehörige Fallrohr wärmeres Waffer führt als das zu *C* oder *B* gehörige, eine ftörende Nebenftrömung entftehen. Wenn, was oft der Fall ift, die Oefen etwa übereinander ftehen, fo wird das Rohrnetz nach Fig. 224 oder auch nach Fig. 225 angeordnet. Die Oefen *B*, *C*, *D* in Fig. 224 erhalten das Waffer von einem gemeinfamen, der z. B. auf dem Dachboden verlegten Verteilungsleitung angefchloffenen Rohre und fenden das abgekühlte Waffer durch ein zweites gemeinfames Rohr der im Keller untergebrachten Sammelleitung zu, während die Oefen B_1, C_1, D_1 vom gemeinfamen Steigrohr aus unmittelbar mit Heizwaffer verforgt werden. Nach Fig. 225 wird vom gemeinfamen Steigrohr für jedes Gefchofs ein zur Verteilung des warmen Waffers dienendes Rohrnetz gefpeift (ausgezogene Linien); ebenfo ift jedes Gefchofs mit einem Sammelnetz für das Rücklaufwaffer verfehen, welches fich dem gemeinfamen Fallrohr anfchliefst (geftrichelte Linien). Fig. 226 zeigt endlich links ein Beifpiel, nach welchem die übereinanderftehenden Oefen *A*, *B* und *C* je mit befonderen Rohren einerfeits der oben liegenden gemeinfamen Verteilungsleitung, andererfeits dem Keffel oder einem im Keller befindlichen Sammelrohre angefchloffen find. Nach Fig. 226 rechts ift nur ein lotrechtes, von oben nach unten führendes Rohr vorhanden. Das Heizwaffer tritt zuerft in *A*, von diefem in *B*

Fig. 223.

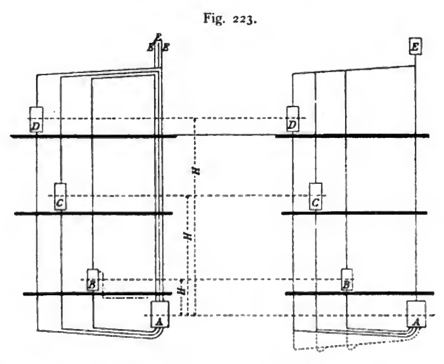
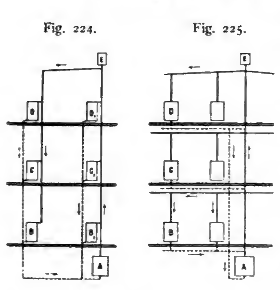
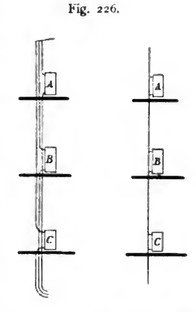


Fig. 224. Fig. 225.



und zuletzt in C; man kann es aber auch mit Hilfe geeigneter Hähne zum Teile oder ganz an den Oefen vorbeiführen, um die Wärmelieferung der einzelnen Oefen zu regeln. Dies ſind einige Beiſpiele der je nach den örtlichen Verhältniſſen ſehr verſchiedenartig gewählten Rohranordnungen.

Fig. 226.

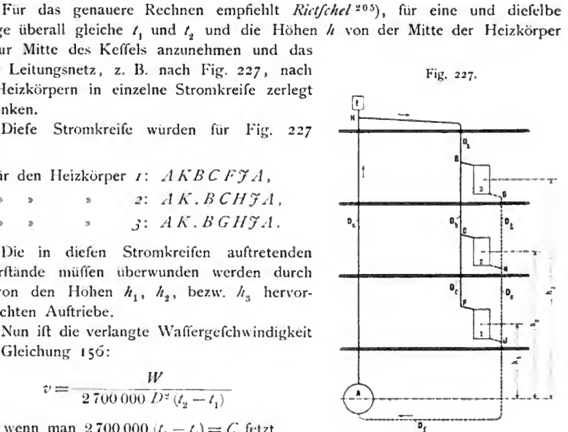


Man berechnet die Rohre ſo, als ob jeder Ofen eine eigene Leitung habe, und zählt die nebeneinanderliegenden Querſchnitte zuſammen, um den Querſchnitt des gemeinſchaftlichen Rohres zu gewinnen.

Sofern man jedoch die Rohrweiten möglichſt gering zu haben wünſcht, ſo berechnet man die in Fig. 223 rechts bis 225 gezeichneten Anordnungen ähnlich wie das Kanalnetz einer Luftleitung, indem man ſowohl die Widerſtände in der gemeinſchaftlichen Leitung als auch die Widerſtande in den einzelnen Leitungen für ſich berechnet, um, nach mehrfachen Verſuchen — die erleichtert werden, wenn man vorher den erſtgenannten Weg einſchlägt — zu befriedigenden Ergebniſſen zu kommen.

Für das genauere Rechnen empfiehlt *Rietſchel*[205]), für eine und dieſelbe Anlage überall gleiche t_1 und t_2 und die Höhen h von der Mitte der Heizkörper bis zur Mitte des Keſſels anzunehmen und das ganze Leitungsnetz, z. B. nach Fig. 227, nach den Heizkörpern in einzelne Stromkreiſe zerlegt zu denken.

Fig. 227.



Dieſe Stromkreiſe würden für Fig. 227 ſein:

für den Heizkörper *1*: *AKBCFJA*,

» » » *2*: *AK.BCHJA*,

» » » *3*: *AK.BGHJA*.

Die in dieſen Stromkreiſen auftretenden Widerſtände müſſen überwunden werden durch die von den Höhen h_1, h_2, bezw. h_3 hervorgebrachten Auftriebe.

Nun iſt die verlangte Waſſergeſchwindigkeit nach Gleichung 156:

$$v = \frac{W}{2\,700\,000\, D^2 (t_2 - t_1)}$$

oder, wenn man $2\,700\,000\,(t_2 - t_1) = C$ ſetzt,

$$v = \frac{W}{C \,.\, D^2},$$

wonach man als Geſchwindigkeiten der einzelnen Rohrſtrecken erhält:

[205]) In: Leitfaden zum Berechnen und Entwerfen von Lüftungs- und Heizungs-Anlagen. 3. Aufl. Berlin 1902. S. 216 ff.

$$v_a = \frac{W_1 + W_2 + W_3}{C\,D_a^2}\,;\quad v_b = \frac{W_1 + W_2}{C\,D_b^2}\,;\quad v_c = \frac{W_1}{C\,D_c^2}\,;$$

$$v_d = \frac{W_3}{C\,D_d^2}\,;\quad v_e = \frac{W_3 + W_2}{C\,D_e^2}\,;\quad v_f = \frac{W_3 + W_2 + W_1}{C\,D_f^2} \quad . \; . \; . \quad 157.$$

Aus der Gleichſetzung von Auftrieb und Widerſtänden erhält man aus Gleichung 151

$$0{,}004\; h\,(t_2^2 - t_1^2) = 50\left[\varkappa\,\frac{4}{D}\,l\left(\frac{1}{v} + 20\right) + \Sigma\,\xi\right] v^2$$

oder einfacher, wenn $0{,}004\,(t_2^2 - t_1^2) = \mathfrak{B}\,.\,50\,.\,\Sigma\,\xi = z$ geſetzt und der Wert 0,00035 für $\varkappa$ eingeſetzt wird:

$$\mathfrak{B}\,h = \left[0{,}07\,\frac{l}{D}\left(\frac{1}{v} + 20\right) + z\right] v^2.$$

Hiernach muſs ſein

$$\mathfrak{B}\,h_1 = \left[0{,}07\,\frac{l_a}{D_a}\left(\frac{1}{v_a} + 20\right) + z_a\right] v_a^2 + \left[0{,}07\,\frac{l_b}{D_b}\left(\frac{1}{v_b} + 20\right) + z_b\right] v_b^2$$

$$+ \left[0{,}07\,\frac{l_c}{D_c}\left(\frac{1}{v_c} + 20\right) + z_c\right] v_c^2 + \left[0{,}07\,\frac{l_f}{D_f}\left(\frac{1}{v_f} + 20\right) + z_f\right] v_f^2 \quad . \quad 158.$$

u. ſ. w.

Da jeder der drei Auftriebe einer Summe von Widerſtänden gewachſen ſein muſs, deren Einzelwerte von D und v abhängen, und da — nach Gleichung 157 — v abnimmt, wenn D zunimmt, ſo iſt eine Zahl von zutreffenden Löſungen möglich. Man ſchätzt zunächſt die einzelnen v oder D, berechnet nach Gleichung 157 das andere und fügt die ſo gewonnenen Werte in die Gleichungen 158, um zu ſehen, ob die angenommenen Werte brauchbar ſind oder nicht. Geeignete Tabellen erleichtern die Durchführung des ſonſt umſtändlichen Verfahrens.

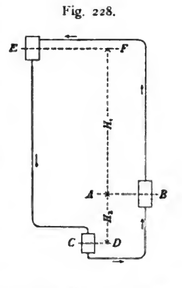
Wieprecht[206]) vereinfacht die Rechnung zunächſt dadurch, daſs er im eingeklammerten Ausdruck $\left(\frac{1}{v} + 20\right)$ für v eine mittlere Geſchwindigkeit, nämlich 0,2 m in der Sekunde einſetzt. Damit wird $\frac{1}{v} = 5$ und der eingeklammerte Wert gleich 25. Man muſs zugeſtehen, daſs v ſehr ſelten kleiner als 0,1 m in der Sekunde, alſo der eingeklammerte Wert gleich 30 wird; die Abweichung vom Richtigen würde jedoch bei Benutzung des *Wieprecht*'ſchen Mittelwertes ſchon $^1/_6$ des wirklichen Wertes betragen. Der *Wieprecht*'ſche Wert darf daher nur mit groſser Vorſicht angewendet werden, ſobald es ſich um kleine Waſſergeſchwindigkeiten handelt. Wo er zuläſſig iſt, vereinfacht er die Rechnung ungemein, wie aus den Gleichungen 151 bis mit 158 ohne weiteres erkannt werden kann.

Die Berechnung der Anordnung nach Fig. 226 links bietet nichts Neues. Bei der Anordnung, welche Fig. 226 rechts darſtellt, iſt zunächſt zu beachten, daſs ein und dasſelbe Waſſer die drei Oefen A, B und C durchſtrömt und dabei ſtufenweiſe abgekühlt wird. Der aus drei Teilen beſtehende Geſamtauftrieb iſt den geſamten Widerſtänden gegenüberzuſetzen. Wird dann einer der Oefen ganz oder teilweiſe auſser Betrieb geſtellt, ſo mindert ſich der Auftrieb, aber auch die Wärmemenge, ſo daſs die Rohrweiten im allgemeinen genügen. Die in Fig. 226 rechts dargeſtellte

206) In: Entwerfen und Berechnen von Heizungs- und Lüftungs-Anlagen. 2. Aufl. Halle 1904. S. 32 ff.

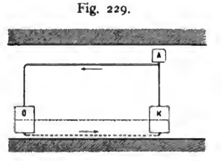
Anordnung ermöglicht auch, einen Heizkörper tiefer zu legen als den Keſſel, wenn auf das Vorbeileiten des Waſſers am höhergelegenen Heizkörper verzichtet wird. In Fig. 228 bezeichnet die Linie *A B* die Höhe der Keſſelmitte, *C D* die Mittellinie des tiefer- und *E F* diejenige des höhergelegenen Ofens. Der letztere liefert mit H_1 einen poſitiven, der unten befindliche Ofen mit H_2 einen negativen Auftrieb. Die Summe beider Auftriebe iſt den Widerſtänden gleichzuſetzen u. ſ. w.

Fig. 228.



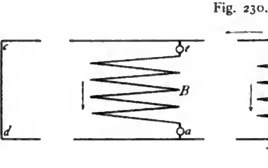
Ein hiervon abgeleiteter Kunſtgriff ermöglicht, die Mitten des Keſſels und der Heizkörper in gleiche Höhe zu legen, z. B. für Heizungsanlagen, welche innerhalb eines Wohngeſchoſſes, alſo ohne Benutzung des Kellers oder eines anderen Geſchoſſes, ausgeführt werden ſollen. Fig. 229 ſtellt eine ſolche Anlage ſchematiſch dar. *K* bezeichnet den Keſſel, *A* das Ausdehnungsgefäſs und *O* einen der Oefen; Keſſel und Oefen liegen demnach in gleicher Höhe. Man läſst nun die Rohrteile zwiſchen *A* und *O* nackt, ſo daſs hier das Waſſer eine erhebliche Abkühlung erfährt und demnach durch die wärmere Säule *KA* gegenüber der kälteren Säule *A O* der erforderliche Auftrieb gewonnen wird. Die zwiſchen *A* und *O* abgegebene Wärme iſt im allgemeinen als verloren zu betrachten. Bei Gewächshäuſern dient ſie vorteilhaft zur höheren Erwärmung der an das Glasdach ſich legenden Luftſchicht.

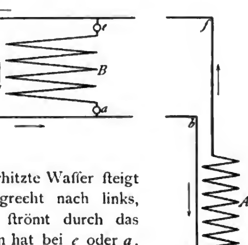
Fig. 229.



Für Hoch- und Mitteldruck-Waſſerheizungen verwendet man zuweilen die in Fig. 230 gezeichnete Abart der allgemeinen, durch Fig. 223 dargeſtellten Anordnung. *A* bezeichnet den aus einem Schlangenrohr beſtehenden Wärmeaufnehmer, *B* die ebenfalls aus ſchlangenförmig gebogenen Rohren gebildeten Wärmeſtrahler. Das erhitzte Waſſer ſteigt von *A* empor, bewegt ſich im oberen Rohr wagrecht nach links, ſinkt in den Wärmeſtrahlern *B* nach unten und ſtrömt durch das untere Rohr nach dem Waſſererwärmer zurück. Man hat bei *e* oder *a*, durch Einſchalten eines Hahnes oder Ventils, die Möglichkeit geſchaffen, die Wärmeabgabe jedes Wärmeſtrahlers zu regeln, oder jeden der letzteren auszuſchalten. So könnte der Fall eintreten, daſs der Waſſerumlauf völlig geſperrt und ſodann Ueberhitzen des Waſſererwärmers eintreten würde, wenn nicht das obere und das untere Rohr an der linken Seite miteinander verbunden wären. Dieſe Anordnung geſtattet aber dem Waſſer, auch bei geöffneten

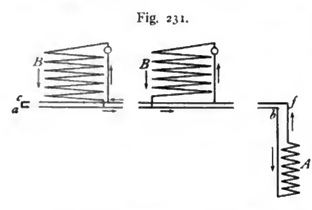
Fig. 230.





Ventilen *e*, bezw. *a* zum Teile durch die links gezeichnete Verbindung *cd* nach unten zu fliefsen. Bei der Anlage und Berechnung ift hierauf Rückficht zu nehmen. Bei guter Einhüllung verliert der Rohrftrang *bfcd* nur wenig Wärme, fo dafs darin ein nennenswerter Auftrieb nicht eintritt; die Wafferbewegung in der Leitung mufs vielmehr durch den Temperaturunterfchied innerhalb der Höhe *gb* hervorgebracht werden. Demgegenüber tritt ein Auftrieb durch die Abkühlung des Waffers in den Wärmeftrahlern *B* ein. Wählt man nun die Verhältniffe fo, dafs bei geöffneten Ventilen diefer Auftrieb zur Ueberwindung der Widerftände in *B* und den zugehörigen wagrechten Rohrteilen genügt, während der Auftrieb zwifchen *g* und *b* bei vollem Betrieb nur den hier auftretenden Widerftänden gewachfen ift, fo liegt — bei voller Beanfpruchung der Heizung — für das Waffer keine Veranlaffung vor, durch *cd* nach unten zu ftrömen.

Fig. 231.



Wenn die Rohrftrecke *fc* da, wo fie in Fig. 230 fich vorfindet, hinderlich ift, fo kann man fie auch nach Fig. 231 anordnen, ohne an den fonftigen Verhältniffen etwas zu ändern.

311. Wärmeverlufte.

Die Wärmeverlufte des Waffers in den Rohrleitungen find zuweilen, trotz guter Einhüllung der Rohre, fo grofse, dafs man fie bei der Berechnung mancher Anlagen berückfichtigen mufs. Dies kann gefchehen, indem man fie zunächft durch Schätzung beftimmt und durch eine nachträgliche Rechnung prüft, ob die Schätzung richtig war oder nicht. In einigen Fällen wird man ftatt diefes Verfahrens rafcher zum Ziele gelangen, wenn man die Leitungsrohre als Heizöfen betrachtet und fie in ähnlicher Weife in die Rechnung einführt, wie unter Bezugnahme auf Fig. 226 erörtert wurde.

b) Lage und Längenprofil.

312. Lage im allgemeinen.

Zu jedem wärmeabgebenden Körper, welcher die Wärme des Dampfes oder diejenige des Waffers ausftrahlen foll, gehören ein Zuleitungs- und ein Rücklaufrohr. In umfangreicheren Gebäuden, deren Räume durch in ihnen felbft aufgeftellte Dampf-, bezw. Wafferöfen erwärmt werden, wird infolgedeffen eine Zahl von Rohren erforderlich, welche fowohl wegen des Raumbedarfes, als auch wegen der Lage der Oefen oft fchwer unterzubringen find. Manche Architekten legen, um in der Ausfchmückung der Räume nicht behindert zu fein, die Rohre in das Gebälke und unter den Putz. Ein folches Verfahren ift fchon für Gasleitungen nicht zu empfehlen, mufs aber für die Leitungen der Dampf- und Wafferheizungen geradezu als unzuläffig bezeichnet werden. Bei diefen finden in der Regel nicht unbeträchtliche Temperaturwechfel ftatt, alfo Dehnungen, welche nicht behindert werden dürfen; wegen der gewaltfamen Dehnungen können, felbft bei tüchtiger Ausführung, Undichtheiten entftehen, die felbftverftändlich eine Netzung, alfo Schädigung der Gebäudeteile im Gefolge haben. Als vornehmfte Regel für Anlage derartigen Rohrwerkes gilt daher, dafs es bequem zugänglich fein mufs und feinen Dehnungen keine Hemmniffe geboten werden dürfen.

Auf Grund diefer Regel find als geeignete Plätze für die Rohranlagen zunächft

die Wände zu bezeichnen. Eine gefchickt angelegte und gut ausgeführte Rohrleitung verunziert die Wand eines einfach gehaltenen Raumes nicht, wenn fie auch auf der Wandfläche liegt. Man darf jedoch nicht vergeffen, dafs überall da, wo Wärme abgegeben wird, auch Luftbewegungen eintreten, die Staubablagerungen zur Folge haben. Demgemäfs müffen die auf den Wänden liegenden Rohre der Heizungen befonders forgfältig eingehüllt werden.

In fchlichten Wänden bringt man für die Rohre häufig paffende Schlitze an, welche unverdeckt bleiben, mit Gittern verfchloffen werden oder einen dichten Abfchlufs finden. Wegen der notwendigen Zukömmlichkeit mufs die Bedeckung der Schlitze abnehmbar fein; fie kann daher nur aus Holz oder Metall beftehen. In beiden Fällen darf der Einflufs der von den Rohren abgegebenen Wärme nicht unterfchätzt werden, zumal weil er im Sommer gar nicht, im Winter wechfelnd vorhanden ift. Gefimfe, welche an den Wänden entlang laufen, bieten oft willkommene Gelegenheit, die Rohre fo neben oder über fie zu legen, dafs die Rohre nicht bemerkt werden; weit auskragende Kranzgefimfe gewähren Raum für ziemlich weite Rohre. Pilafter und Paneele, die aus Holz und abnehmbar hergeftellt find, bieten ebenfalls bequeme Gelegenheit zum Unterbringen der Rohre.

313. Befondere Fälle.

In befonderen Fällen können die Rohre unter die Decken gehängt oder auf die Fufsböden geftützt werden; jedoch find diefe Orte nur in untergeordneten Räumen — Keller- und Dachgefchofs — verwendbar.

Endlich benutzt man befondere Räume für die Rohrleitungen. Die Decken der Gänge, welche grofsen Räumen entlang führen, werden oft aus Schönheitsrückfichten tiefer gelegt als diejenigen der benachbarten Zimmer (vergl. Art. 273, S. 234). Alsdann entfteht zwifchen einer folchen Decke und dem höher gelegenen Fufsboden ein Hohlraum, der, wenn mindeftens 60 cm hoch, ausreichenden Platz für alle Arten von Rohrleitungen bietet. In den Wänden find faft immer Orte zu finden, an denen weitere lotrechte Kanäle angebracht werden können. Ihre Zugänglichkeit ift nur an einigen Orten notwendig, wenn man die Verbindungsftellen der in ihnen befindlichen Rohre in Gruppen zufammengezogen hat. Gefchickte Hand und Zufammenarbeiten des Architekten und des Heiztechnikers werden immer Orte für die Rohre finden, welche den obenangeführten Regeln entfprechen, ohne den Einklang der künftlerifchen Durchbildung zu ftören. Ausnahmen von der Regel, die Rohre nicht unter den Fufsboden oder nicht zwifchen diefen und die darunterliegende Decke zu legen, find jedoch nicht ganz zu umgehen.

Als am häufigften vorkommende derartige Ausnahme nenne ich den Fall, dafs die Rohre längs einer Wand, und zwar in der Nähe des Fufsbodens, fich befinden, welche Wand an irgend einer Stelle eine Tür hat.

Fig. 232.

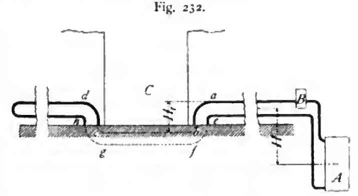
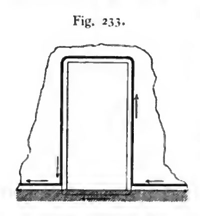


Fig. 232 verfinnlicht einen folchen Fall, bei Anwendung einer Gewächshaus-Wafferheizung. *A* bezeichnet den Heizkeffel, *B* das Ausdehnungsgefäfs, *C* die in Rede ftehende Türöffnung. Die Leitungsrohre find hier gleichzeitig die Heizkörper; vom oberen Ende des Heizkeffels fliefst das Waffer längs der Wände des Raumes, finkt dann in eine zweite, unter der erften liegende

Leitung und gelangt endlich in den unterften Teil des Keffels zurück. Das zur Berechnung des Auftriebes dienende H wird, wenn man die einfachere Rechnung anwenden will (vergl. Art. 308, S. 265), von der Mitte zwifchen beiden Heizrohren bis zur Mitte des Heizkeffels gemeffen. Wenn daher, wie hier gezeichnet, die beiden Rohre vor der Tür C unter den Fufsboden gelegt werden und eine Abkühlung des Waffers an diefer Stelle fo weit verhütet ift, dafs fie unbeachtet bleiben kann, fo wird — in regelmäfsigem Betriebe — der negative Auftrieb auf der rechten Seite der Tür C durch den pofitiven Auftrieb auf der linken Seite der Tür aufgehoben, d. h. die ganze Anordnung hat nur den Einflufs auf die Bewegung des Waffers, welcher aus der Vermehrung der Widerftände entfteht, gleichgültig, um welches Mafs die Rohre vor der Tür tiefer liegen als fonft. Anders ift es beim Inbetriebfetzen der Anlage. Alsdann gelangt nach einiger Zeit in das niederfinkende Stück ab warmes Waffer, während die Stücke cd, ef und hg mit kaltem Waffer gefüllt find. Ift nun die zu ab gehörige Höhe grofs, fo kann der Fall eintreten, dafs der hier befindliche negative Auftrieb vom pofitiven des Keffels nicht überwunden werden kann, d. h. das Inbetriebfetzen gelingt nicht. Bei länger andauernder Wärmezufuhr im Keffel A tritt hier fchliefslich eine Dampfentwickelung ein, die fchwingende Bewegungen des Waffers zur Folge hat. Das warme Waffer gelangt infolgedeffen in das Rücklaufrohr und verringert hierdurch den Auftrieb des Keffels. Nicht felten werden die Schwingungen des Waffers fo grofs, dafs die Rohre zerfchmettert werden. Diefe Uebelftände können vermieden werden, wenn H im Vergleich zur Auftriebshöhe H_1 des Rohrftückes ab u. f. w. möglichft grofs ift; in zweifelhaften Fällen ift es unfchwer, die erforderliche Gröfse des H zu berechnen.

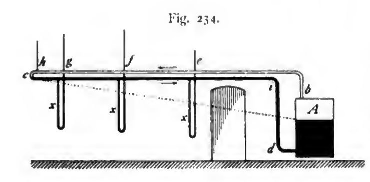
Fig. 233.



Würde eine Dampfleitung in ähnlicher Weife angeordnet, fo würde das durchgebogene Rohr fich mit dem durch Verdichtung des Dampfes entftehenden Waffer anfullen und den Querfchnitt des Rohres verftopfen oder doch dem Dampf einen Stöfse herbeifuhrenden Widerftand entgegenfetzen. Man verfährt deshalb hier, wie Fig. 233 erkennen läfst. Das Dampfrohr wird über die Tür hinweggefuhrt, während das den Dampf begleitende Waffer feinen Weg unter dem Fufsboden hindurch findet.

Eine recht hübfche Löfung vorliegender Aufgabe verfinnlicht Fig. 234[207]. Es handelt fich um die Rohrleitung einer Niederdruck-Dampfheizung.

Fig. 234.



A bezeichnet den im Kellergefchofs aufgeftellten Dampfentwickler. Von ihm aus führt das Rohr bc den Dampf unter der Decke des Kellervorraumes entlang, fo dafs die Zweigrohre e, f, g und h an den Wänden empor zu den Wärmeftrahlern geführt werden können. Da diefe Rohre lotrecht oder doch nur wenig von der lotrechten Linie abweichend angebracht find, fo ift es zuläffig — bei entfprechend grofser Weite der Rohre — fie gleichzeitig zur Abfuhr des Niederfchlagwaffers zu benutzen. Das letztere fällt alfo in das im wefentlichen wagrechte Dampfrohr zurück, in welchem es mit dem Dampfe fich weiterbewegen oder aus welchem es mittels geeignet angebrachter Abflufsrohre auf kürzerem Wege in das Niederfchlagwafferrohr gelangt. Der Keffel A befindet fich über dem Kellerfufsboden; foll deshalb das Niederfchlagwaffer, ohne zuvor zu fteigen, in den Keffel gelangen (damit es fich, beim Aufserbetriebfetzen der Heizung, vollftändig in diefen ergiefst), fo fperrt das Rohr die ganze Wand. Um dies zu vermeiden, ift nun das Niederfchlagwafferrohr von c bis i neben das Dampfrohr gelegt (in Fig. 234 liegt ci tiefer, damit das

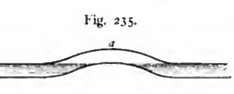
[207]) Siehe: Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1887, S. 591

Dampfrohr nicht verdeckt wird) und vermöge der U-förmigen Rohre x mit dem Dampfrohr bc verbunden, fo dafs durch x das Niederfchlagwaffer abzufliefsen vermag, aber fein gelegentliches Zurückftauen in das Dampfrohr ausgefchloffen ift. In den rechtsfeitig gezeichneten Schenkeln der U-förmigen Rohre x befindet fich der Wafferfpiegel fo viel höher als im Keffel, wie die Widerftände durch das Dampfrohr bis zum Rohr x und von diefem zurück durch id betragen; hiernach ift die Länge der U-förmigen Rohre zu beftimmen. Zum Entleeren der Rohre x dienen befondere kleine Hähne.

314. Längenprofil.

Die zuletzt gegebenen Befprechungen liefern fchon Regeln für das Längenprofil der Rohrleitungen. Ferner find noch die folgenden Erfcheinungen zu beobachten. Das in Fig. 235 abgebildete Rohrftück einer Wafferheizung fteht nach beiden Seiten hin mit dem Ringe in Verbindung, den das Waffer während des Betriebes der Heizung zu durchlaufen hat. Beim Füllen der Leitung vermag fonach das Waffer von zwei Seiten heranzufliefsen, fo dafs die Luft im höheren Teil des Rohres zufammengedrängt wird. Nach dem Anheizen, nach Eintreten des Auftriebes, fteigt der Wafferfpiegel an der einen Seite der Rohrbiegung, während derjenige an der anderen Seite fich fenkt. Solange die Aufbiegung keine grofse, dagegen der Auftrieb ein bedeutender ift, wird es letzterem möglich, das Waffer über die hügelförmige Erhöhung der unteren Rohrwand hinwegzutreiben; allein niemals ift der Auftrieb im ftande, die Luft ganz zu befeitigen. Unter allen Umftänden find alfo in diefem Rohrftück Widerftände zu überwinden, an welche bei der Berechnung nicht gedacht wurde.

Fig. 235.



315. Entlüften bei Wafferheizungen.

Das Längenprofil der Wafferheizungsrohre mufs deshalb derart fein, dafs folche »Luftfäcke« nicht auftreten, oder es ift dafür zu forgen, dafs die Luft aus dem betreffenden Rohrftück entfernt werden kann. Niederdruck- und Mitteldruck-Wafferheizungen geftatten das Anbringen eines Hahnes an der höchften Stelle der Rohrbiegung, nämlich bei a; Hochdruckheizungen werden mittels des fog. Durchpumpens luftfrei gemacht. Zu dem Ende wird, mit Hilfe einer möglichft am tiefften Punkte des gefamten Ringes, welchen jede Heizung bildet, angebrachten Pumpe, das Waffer in einer Richtung durch die Rohre bis zum höchften Punkte getrieben, wofelbft für den Zweck des Entlüftens eine Oeffnung freigelegt ift. Das rafch und mit grofser Kraft fliefsende Waffer reifst die Luft gewaltfam mit fich fort und führt fie bis zur genannten Oeffnung, wofelbft fie entweichen kann. Wenn nötig, fo wird auch der andere Teil des Ringes durchgepumpt. Beide Verfahren, nämlich das Durchpumpen fowohl, als auch das Entlüften mittels Lufthähne haben Unbequemlichkeiten im Gefolge, da das Waffer, welches man den Leitungen zuführt, nie ganz luftfrei ift, fonach die Luftfäcke fich allmählich wieder ausbilden. Somit foll jede Geftalt des Längenprofils vermieden werden, welche zum Bilden eines Luftfackes Gelegenheit bietet.

316. Längenprofil der Wafferleitungen.

Man ordnet deshalb die Rohre fo an, dafs fie vom tiefften Punkte der Leitung ab nach beiden Seiten hin bis zu einem gemeinfchaftlichen höchften Punkt fteigen. Hier läfst man eine Oeffnung frei (bei Niederdruckheizungen), um der Luft ungehinderten Austritt zu gewähren, oder fchaltet ein Gefäfs ein, worin fich die Luft zu fammeln vermag, ohne der Strömung des Waffers hinderlich zu fein.

Diefes Gefetz ift z. B. durch die Anordnung, welche Fig. 223 darftellt, berückfichtigt worden; E bezeichnet eine Einrichtung, welche zum ungehinderten Sammeln, bezw. Entweichen der Luft Gelegenheit bietet.

In der Leitung, welche Fig. 223 darftellt, fällt auf, dafs — fcheinbar unnützerweife — z. B. das den Ofen *B* fpeifende Waffer einen aufserordentlich grofsen Umweg machen mufs. Man würde mit weniger Mitteln, geringeren Widerftänden und vielleicht auch zu Gunften bequemeren Unterbringens des betreffenden Rohres diefen Ofen auf dem punktierten Wege mit warmem Waffer verforgen können. In der Tat empfiehlt fich nicht felten eine derartige Leitung aus den genannten Gründen. Alsdann bildet aber offenbar der Ofen *B* einen Luftfack, der mittels eines an feinem höchften Punkte angebrachten, von Zeit zu Zeit zu öffnenden Lufthahnes unfchädlich gemacht werden mufs.

In neuerer Zeit verfieht man die in Fig. 223, linke Seite, nach der punktierten Linie mit Waffer verforgten Heizkörper *B* ftatt der Lufthähne mit engen Luftrohren, die zu einer gemeinfamen, hochliegenden, in ein Luftgefäfs mündenden Luftleitung verbunden find. Die Luftleitung wie das Gefafs find dann ebenfo geordnet, wie in Fig. 223 über den Heizkörpern gezeichnet ift.

317.
Entlüften bei Dampfheizungen.

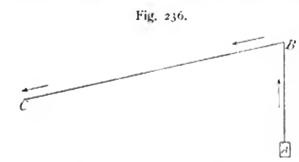
Die Luft, welche in den Dampfrohren vor ihrer Inbetriebfetzung fich befindet, fowie diejenige, welche ihnen aus dem lufthaltigen Speifewaffer fortwährend zugeführt wird, ift noch läftiger und fchwieriger unfchädlich zu machen. Die Querfchnittsberechnungen, auch die Heizflächengröfse, find auf reinen Dampf gegründet. Der lufthaltige Dampf vermag felbftverftändlich weniger Wärme abzugeben als der reine Dampf; man mufs alfo von erfterem gröfsere Mengen heranfchaffen als von letzterem. Das möglichft vollftändige Entfernen der Luft ift daher von hohem Werte; es gelingt fchwer wegen des Ergiefsens beider Gafe ineinander.

Bei gleicher Temperatur ift die Luft fchwerer als der Dampf; fie mufs daher diefem gegenüber nach unten zum Abflufs gebracht werden. Dies ift von grofsem Werte, indem auch das durch Verdichten des Dampfes gebildete Waffer einen nach unten gerichteten Abflufs haben mufs. Während ein Teil des Dampfes verdichtet wird, bleibt die Luft in ihrem Beftande unverändert; fonach ift der Luftgehalt des Dampfes umfo gröfser, je weiter der Dampf von feiner Erzeugungsftelle entfernt ift. Endlich ift noch zu bemerken, dafs das Waffer fchwer, die Luft aber gar nicht gegen die Bewegungsrichtung des Dampfes zu ftrömen vermag.

318.
Längenprofil der Dampfleitungen.

Aus allen diefen Gründen geht die Forderung hervor, Waffer, Luft und Dampf ftets in derfelben Richtung ftrömen zu laffen, d. h. die gefamte Leitung fo anzuordnen, dafs fie von einem höchften Punkte ab ftetig nach unten finkt. Da der Dampferzeuger, wenigftens in der Regel, auf der Erde oder gegen die Erdoberfläche vertieft aufgeftellt wird, fo ift das allgemeine Schema des Längenprofils einer Dampfheizungsleitung durch Fig. 236 verfinnlicht. Zunächft foll der Dampf auf möglichft kurzem Wege zur gröfsten geforderten Höhe emporgehoben werden und von hier aus, ftetig fallend, nach den Orten gelangen, an welchen er gebraucht wird, in den wärmeabgebenden Körpern ferner fallen, bis zuunterft Waffer und Luft gemeinfchaftlich abfliefsen.

Fig. 236.



Diefe Anordnung des Steigens vom Keffel *A* bis zur gröfsten Höhe *B* und des nunmehrigen ununterbrochenen Fallens des Dampfes bis zum tiefften Punkte gab *Snodgrafs* fchon Anfang des XIX. Jahrhunderts an[208]).

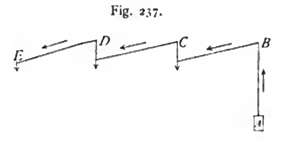
Grofse Anlagen gewähren nicht immer die nötige Fallhöhe, um das ftetige

[208]) Siehe: NICHOLSON. *Journal of natur. philof.*, Mai 1807.

Fallen der Leitungen durchführen zu können; auch bringen ſie ſolche Waſſermengen hervor, daſs der Umfang der Rohre längs eines zu groſsen Bogens mit Waſſer benetzt wird, ſo daſs man ſich oft entſchlieſsen muſs, das Waſſer und möglichſt auch die Luft an mehreren Orten abflieſsen zu laſſen. Die grundſatzliche Anordnung (vergl. Fig. 237) wird hierdurch nicht geändert.

Bei Inbetriebſetzung der Heizung verdichten die kalten Rohre weſentlich gröſsere Dampfmengen als ſpäter, nachdem ihre Wandungen durchwärmt ſind; es wird ein nicht unbedeutender Teil der unteren Rohrfläche mit Waſſer bedeckt. Das Waſſer hat zur Zeit ſeiner Bildung dieſelbe Temperatur wie der Dampf. Während ſeines Weiterſtrömens kommt es fortwährend mit neuen kalten Flächen in Berührung, die ihm Wärme entziehen, während ihm keine Wärme zugeführt wird; es wird daher ſtark abgekühlt. Ich habe häufig beobachtet, daſs beim Inbetriebſetzen das zunächſt abflieſsende Waſſer weniger als 20 Grad warm war. Die nicht vom Waſſer bedeckte Fläche iſt dagegen mit dem Dampf in Berührung, weshalb ihre Temperatur, wenn auch nur für kurze Zeit, weſentlich höher iſt als diejenige der vom Waſſer berührten Fläche. Die groſsen Temperaturunterſchiede veranlaſſen Molekularverſchiebungen, die von lebhaftem Geräuſch begleitet ſind. Je raſcher das Erwärmen und je träger der Waſſerablauf ſtattfindet, umſo heftiger iſt das nervenerſchütternde Geräuſch, umſo gröſser das Zittern der Rohre. Dies iſt ein Grund mehr, die Leitung nach dem Schema in Fig. 237 zu zerlegen, d. h. zahlreichere Stellen für den Waſſerablauf zu ſchaffen.

Fig. 237.



Man ſchaltet hier häufig Waſſerabſcheider ein, um den Dampf möglichſt vollſtändig vom Waſſer zu befreien.

319. Abführung des Niederſchlagwaſſers.

An den zu Abfluſsſtellen beſtimmten Orten kann man Hähne anbringen, welche nach Bedarf geöffnet werden und das Waſſer in eine beſondere Rohrleitung oder auch in das Freie ablaufen laſſen. Die Mengen des verdichteten Waſſers wechſeln jedoch; man muſs deshalb entweder die Hähne ſo weit öffnen, daſs ſie unter allen Umſtänden den erforderlichen freien Querſchnitt haben; alsdann wird zeitweiſe der Hahnquerſchnitt nicht vom Waſſer gefüllt, ſo daſs neben dem Waſſer auch Dampf ausſtrömt, oder man muſs, um den Dampfverluſt zu verhüten, ſich bequemen, die Hahnſtellung häufiger zu regeln. Zu dieſem Ende läſst man das Waſſer und die Luft ſich in einem unter dem Rohre befindlichen Gefäſs ſammeln und öffnet oder ſchlieſst den Hahn innerhalb gröſserer Zeitabſchnitte.

320. Selbſtleerer.

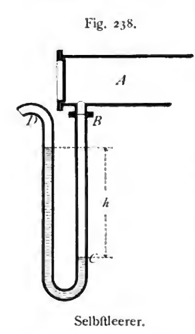
Die Waſſer- und Luftabführung einer umfangreicheren Dampfheizungsanlage läſst ſich jedoch auf dieſem Wege nur unter Aufwand zeitraubender Arbeit verrichten, weshalb man ſchon in den zwanziger Jahren des vorigen Jahrhunderts ſelbſttätige Kondenſationswaſſer-Ableiter oder Automaten oder, wie ich die Vorrichtungen kurz nennen will, Selbſtleerer kannte.

Auch die Selbſtleerer bedürfen eines Sammelgefäſses. Befindet ſich in dieſem Gefäſse weder Waſſer noch Luft, ſo iſt es mit Dampf gefüllt, alſo mit einer Flüſſigkeit geringen Einheitsgewichtes und der dem übrigen Dampfe gleichen Temperatur. Enthält das Gefäſs Waſſer, ſo iſt gegenüber dem erſtgenannten Zuſtande eine ſchwerere Flüſſigkeit vorhanden, welche Aenderung zum Freilegen einer geeigneten

Abflufsöffnung benutzt werden kann, die gefchloffen wird, fobald die fchwerere Flüffigkeit, das Waffer, nicht mehr vorhanden ift.

Ein Füllen des Gefäfses mit Waffer oder Luft hat die Folge, dafs das Gefäfs fich allmählich abkühlt, während der Dampf die feiner Spannung entfprechende Temperatur beibehält. Wenn daher Waffer oder Luft in dem mehrgenannten Gefäfse fich befindet, fo tritt darin eine niedrigere Temperatur ein, als wenn fein Inhalt Dampf ift.

Fig. 238.



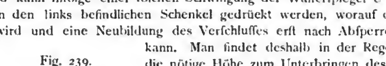
Selbftleerer.

Sonach find zwei Erfcheinungen vorhanden, welche zum felbfttätigen Entleeren des Sammelgefäfses benutzt werden können: die gröfsere Dichte und die niedrigere Temperatur des Auszuleerenden [209].

1) **Selbftleerer, welche das andere Einheitsgewicht der Gefäfsfüllung benutzen.** Die ältefte hierher gehörige Einrichtung dürfte die durch Fig. 238 verfinnlichte fein.

A bezeichnet das Dampfrohr, *BCD* ein zweifchenkeliges Rohr, welches gleichzeitig Sammelgefäfs und Selbftleerer ift; bei *D* vermag das Waffer frei abzufliefsen. Vermöge des in *A* herrfchenden Dampfüberdruckes liegt der Wafferfpiegel *C* tiefer als der Wafferfpiegel *D*, und zwar um die Höhe *h*. Drückt man den Dampfüberdruck für 1 qm (in Kilogr.) aus, fo ift die betreffende Zahl, wie in Art. 225 (S. 183) bereits angegeben wurde, gleich der Höhe *h* (in Millim.). Infolge des unvermeidlichen Wechfels des Dampfdruckes fchwingt die Wafferfäule, und der Ausflufs des Waffers findet ruckweife ftatt. Ift die Höhe des Rohres *BCD* nicht nennenswert gröfser als *h*, fo kann infolge einer folchen Schwingung der Wafferfpiegel *C* durch den unteren Bogen hinweg in den links befindlichen Schenkel gedrückt werden, worauf der Reft des Waffers ausgeworfen wird und eine Neubildung des Verfchluffes erft nach Abfperren des Dampfes erreicht werden kann. Man findet deshalb in der Regel nur für geringeren Dampfdruck die nötige Höhe zum Unterbringen des zweifchenkeligen Rohres.

Fig. 239.



Selbftleerer mit Schwimmkugel.

In allgemeinerem Gebrauch find daher die Selbftleerer mit Schwimmkugeln, deren grundfatzliche Anordnung durch Fig. 239 wiedergegeben ift.

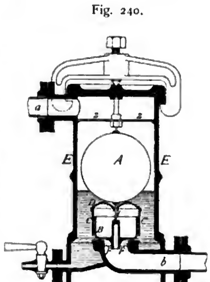
Am Boden des Sammelgefäfses befindet fich ein Ventil *B*, deffen Kegel an der leichten Hohlkugel *A* hängt. *A* fchwimmt im Waffer; fobald der Wafferfpiegel *CD* genügend hoch geftiegen ift, fo wird der Ventilkegel gehoben, alfo dem Waffer eine Abflufsöffnung freigelegt. Fliefst hier mehr Waffer ab, als dem Sammelgefäfse zugeführt wird, fo finkt der Wafferfpiegel, mit diefem die Kugel *A*, fo dafs das Ventil entfprechend gefchloffen wird. Der Selbftleerer entläfst alfo das Waffer, ohne dem Dampf den Zutritt zur Ventilöffnung zu geftatten. Leider wird diefer Selbftleerer durch den Dampfdruck nicht wenig beeinflufst, da die Oberfläche des Ventilkegels von diefem niedergedrückt wird. Eine Schwimmkugel, deren Durchmeffer 20 cm ift, wiege mit Führungsftange und Ventilkegel etwa 2 kg; das Waffergewicht, welches ihren Raum einnehmen würde, ift etwa 4 kg; folglich ift der nutzbare Auftrieb 2 kg. Würde der Dampfüberdruck 10 000 kg für 1 qm fein, fo würde der äufsere Durchmeffer des Ventilkegels etwa 16 mm betragen dürfen, fo dafs fein innerer Durchmeffer oder derjenige des gröfsten Ausflufsquerfchnittes nur etwa 12 mm fein würde. Ein Dampfüberdruck von 50 000 kg für 1 qm vermindert den zuläffigen äufseren Durchmeffer des Ventilkegels fogar auf 7 mm, alfo denjenigen des Abflufsrohres auf etwa 5 mm.

---

209) FISCHER, H. Ueber Kondenfationswafferableiter. Polyt. Journ., Bd. 225, S. 20.

Gröfsere Waffermengen vermag diefer Selbftleerer fonach nur dann zu bewältigen, wenn feine Schwimmkugel fehr grofs ift. Man hat, um diefen Uebelftand zu heben, die Schwimmkugel an das längere Ende eines Hebels gehängt, deffen kürzeres Ende den Ventilkegel trägt, da der Weg des letzteren ein kleiner ift, während derjenige der Kugel ohne Schwierigkeit ziemlich grofs gemacht werden kann; man hat ftatt des einfachen Kegelventils ein fog. Doppelfitzventil angewendet oder die Schwimmkugel an das Ende eines Hahnfchlüffels gefteckt u. f. w.

Fig. 240.



Selbftleerer von *Dehne* in Halle a. S.

Eine hübfche Löfung der vorliegenden Aufgabe rührt von *Dehne* in Halle a. S. her; fie ift aus Fig. 240 zu erfehen.

In das Sammelgefäfs *E* gelangt das Waffer durch das Rohr *a* und das Sieb *z*, welches mitgeführte Unreinigkeiten, die den Ventilen fchädlich fein könnten, zurückhalten foll; *b* foll das Waffer abfliefsen laffen. Auf den Ventilfitz *F* legt fich nun der eigentümlich geftaltete Ventilkegel *B*, der in der feften Hülfe *C* auf- und niederzufchieben ift. In der Mitte des Ventilkegels befindet fich ein mit *B* aus einem Stück angefertigtes Rohr, deffen obere Mündung zu einem Sitze des kleinen Ventils *f* geftaltet ift. Die Hülfe oder das Gehäufe *C* ift oben durch einen Deckel *D* verfchloffen. Das Ventilchen *f* ift mit der Schwimmkugel *A* verbunden; fobald diefe fich hebt, was leicht erfolgt, da der Querfchnitt des Ventils *f* fehr klein ift, ftrömt das Waffer, welches fich im Hohlraume über *B* befindet, nach unten aus, wodurch der Druck innerhalb diefes Raumes niedriger wird als derjenige im Gefäfse *E*. Das Waffer des Gefäfses *E* drückt von unten fo gegen den überftehenden Rand des Ventilkegels *B*, dafs diefer gehoben wird und eine gröfsere Ausflufsöffnung freilegt. Sollte diefe zu grofs fein, fo finkt der Wafferfpiegel im Gefäfse *E*; die niederfinkende Kugel *A* fchliefst das Ventilchen *f*; da aber fowohl an der fich im Deckel *D* führenden Stange des Ventils *f* als auch an den Führungen des Ventils *B* in *C* geringe Spielräume vorhanden find, fo wird unter Vermittelung diefer der Hohlraum über *B* mehr und mehr mit Waffer gefüllt, der Druckunterfchied zwifchen dem genannten Hohlraume und dem in *E* vorhandenen Waffer verringert, fomit der Ventilkegel *B* feinem Sitze genähert. Die Selbftregelung ift fonach in vollem Mafse vorhanden.

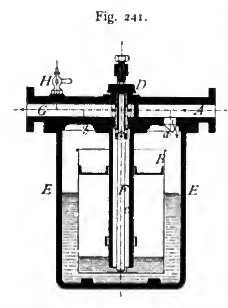
Behufs ficherer Führung der Kugel *A* fteckt die über letzterem befindliche Verlängerung der Ventilftange *f* in einer Hülfe, welche gleichzeitig zum Fefthalten des Gitters oder Siebes *z* dient. Der Stutzen *c* nebft Hahn hat den Zweck, das Gefäfs *E* nach Bedarf vollftändig entleeren zu können.

Wegen der Schwierigkeit, die Schwimmkugel wafferdicht herzuftellen und zu erhalten, hat man volle Schwimmkörper verwendet, deren Eigengewicht durch Gegengewichte ausgeglichen ift.

Gröfsere Verbreitung haben diejenigen Selbftleerer gefunden, welche nur dann in Tätigkeit treten, wenn eine gröfsere Waffermenge fich angefammelt hat, diefe Waffermenge aber faft ganz auf einmal auswerfen, fo dafs eine Paufe zum abermaligen Anfammeln von Waffer eintritt.

Von den vielen im Gebrauche befindlichen mag hier nur die Einrichtung von *Dreyer, Rofenkranz & Droop* in Hannover befchrieben werden. Fig. 241 ift ein lotrechter Durchfchnitt diefes Selbftleerers. Das Waffer gelangt unter Vermittelung des mit dem Deckel des Gerätes gemeinfchaftlich gegoffenen Rohrftückes *A* in das Sammelgefäfs *E*; ein Schirm *a* treibt das Waffer gegen die Wandung des Gefäfses *E*, um darin einen zu lebhaften Wellenfchlag zu verhüten. Am genannten Deckel ift ein Rohr *C* befeftigt, das zunächft zur Führung des Gefäfses *B* dient. In der Achfe diefes

Fig. 241.



Selbftleerer von *Dreyer, Rofenkranz & Droop* in Hannover.

Rohres ift im Deckel ein leicht herausnehmbares Doppelfitzventil *D* angebracht, deffen Stange *F* fich auf den Boden des Gefäfses *B* ftützt. Vom Ventil *D* ab foll das Rohr *G* das Waffer nach aufsen geleiten. Sobald nun Waffer in das Gefäfs *E* gelangt, wird das Gefäfs *B* durch den entftehenden Auftrieb gehoben und fchliefst, unter Vermittelung der Stange *F*, das Ventil *D*. Der Wafferfpiegel in *E* fteigt wegen des anhaltenden Zufluffes mehr und mehr, bis das Waffer, über den Rand des Gefäfses *B* hinwegfliefsend, in letzteres gelangt. Nachdem das Gefäfs bis zu einer gewiffen Höhe gefüllt ift, finkt es nieder; das Ventil *D* öffnet fich, und der über dem Waffer befindliche Dampfdruck treibt es durch das Rohr *C*, das Ventil *D*, das Rohr *G* nach aufsen. Nach annähernder Leerung des Gefäfses *B* ift der Auftrieb in der Lage, *B* zu heben und damit die Ausftrömung zu unterbrechen.

Während die früher befchriebenen Selbftleerer auf das Entfernen der Luft gar keine Rückficht nahmen, ift dem beim vorliegenden durch Anbringen eines Röhrchens *b* Rechnung getragen. Durch feine Höhlung ftrömt allerdings ebenfowohl Dampf als Luft; da jedoch, nach früheren Erörterungen, der Luftgehalt des Dampfes im Entleerer verhältnismäfsig am gröfsten und der Querfchnitt des Röhrchens *b* ein geringer ift, fo dürfte der Dampfverluft gegenüber den Vorteilen einer dauernden Luftabführung nicht fchwer in das Gewicht fallen. Zum Entfernen der beim Inbetriebfetzen heranftrömenden gröfseren Luftmenge dient teilweife der Lufthahn *H*, hauptfächlich aber ein befonderer, feitwärts von *A*, bezw. *G* angebrachter Lufthahn.

Zur Berechnung eines folchen Selbftleerers mögen noch folgende Anhaltspunkte gegeben werden.

Der Ueberdruck des Dampfes wirkt auf das Doppelfitzventil *D*; fein Eigengewicht, fowie das Gewicht der Stange *F* müffen zufammengenommen gröfser fein als der Dampfuberdruck, der die Ringfläche zwifchen dem kleinften Durchmeffer des kleinen und dem gröfsten Durchmeffer des gröfseren Ventils trifft. Der nutzbare Auftrieb des Gefäfses *B* mufs das Gewicht des Ventilkegels und feiner Stange *F* tragen können, alfo die durch *B* verdrängte Waffermenge fchwerer fein als jene Gewichte, vermehrt um das Gewicht des Gefäfses *B*.

2) Selbftleerer, welche den Temperaturunterfchied des Dampfes und des Waffers oder der Luft, die angefammelt find, fur ihre Wirkfamkeit benutzen. Infolge des genannten Temperaturunterfchiedes dehnt fich das Sammelgefäfs oder ein darin befindlicher Körper, fobald das Sammelgefäfs mit Dampf gefüllt ift, mehr aus, als wenn der Inhalt des Sammelgefäfses aus Waffer oder Luft befteht.

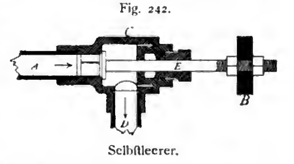
Am häufigften kommen diejenigen Einrichtungen vor, bei welchen die Dehnungen des Sammelgefäfses, welches alsdann rohrförmig geftaltet ift, benutzt werden.

Die Ausdehnungen der hier in Frage kommenden Metalle find fur 100 Grad Temperaturunterfchied durchfchnittlich: fur Gufseifen $0{,}00111$, für Stabeifen $0{,}001235$, für Kupfer $0{,}001718$, für Meffing $0{,}001868$ der Länge. Will man daher eine nennenswerte Bewegung des Ventils oder dergl. erreichen, fo mufs entweder die Länge des betreffenden Rohres grofs oder die Temperatur des angefammelten Waffers, bezw. der Luft gegenüber derjenigen des Dampfes gering fein. Zur genügend

raſchen Abkühlung des Waſſers, bezw. der Luft iſt eine entſprechend groſse, von der Auſsenluft beſpülte Fläche notwendig, welche aus früher genannten Gründen eine ſolche Lage und Geſtalt haben muſs, daſs ſie wechſelnd durch Dampf und Waſſer, bezw. Luft berührt werden darf. Es iſt vielfach zweckmäſsig, eine ſolche Fläche als Heizfläche unter der eigentlichen Dampfheizfläche anzubringen, um einen Teil der Waſſerwärme noch nutzbar zu machen; in dieſem Falle ſind die in Rede ſtehenden Selbſtleerer den vorher beſprochenen überlegen.

Eine einfache Anordnung zeigt Fig. 242 im Schnitt. Das Sammelrohr *A* iſt in einiger Entfernung links an einer Wand oder einem kräftigen Brett befeſtigt, mit welcher gleichzeitig der Froſch *B* feſt verbunden iſt. Das rechtsſeitige Ende des Rohres *A* trägt das Ventilgehäuſe *C* mit dem Abfluſsrohr *D*; im genannten Froſch *B* findet die Ventilſtange *E*, welche durch die Stopfbüchſe des Ventilhauſes *C* hindurchgeht, ihre Stütze. Iſt genügend abgekühltes Waſſer oder Luft im Rohre *A* vorhanden, ſo hat dieſes eine geringere Länge, ſo daſs das Ventil ſeinen Sitz nicht berührt, alſo der Inhalt von *A* abzuflieſsen vermag. Dieſem folgt der Dampf, deſſen Temperatur ſehr bald das Rohr *A* ausdehnt und damit das Ventil ſchlieſst.

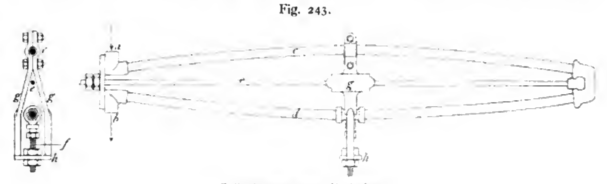
Fig. 242.



Selbſtleerer.

Vermag man eine ſolche Länge, welche das Rohr *A* beanſprucht, nicht unterzubringen, ſo empfiehlt ſich der *Kuſenberg*'ſche Selbſtleerer (Fig. 243). Dieſer beſteht aus zwei gebogenen Rohren *c* und *d*, die rechts miteinander verbunden ſind, ſo daſs Dampf, Waſſer und Luft ſie frei von *a* nach *b* zu durchſtrömen vermag, wenn nicht ein in *d* eingeſchaltetes Ventil dieſes hindert.

Fig. 243.



Selbſtleerer von *Kuſenberg*.

Bei ſteigender Temperatur ihres Inhaltes dehnen ſich die Rohre *c* und *d* aus; da jedoch die Spannſtange *e* der einfachen Längenausdehnung eine Schranke ſetzt, ſo kann dieſe nur zu ſtande kommen, indem die Rohre *c* und *d* ſich ſtärker nach auſsen verkrümmen. Am Rohr *c* ſind nun Stängelchen *g* (beſonders in der Querſchnittsfigur zu erkennen) befeſtigt, deren Querſtück *h* die Ventilſtange *f* trägt. Biegt ſich ſonach, in Bezug auf die Abbildung, *c* nach oben und *d* nach unten, ſo nähert ſich der an *f* befeſtigte Ventilkegel dem Ventilſitz, bezw. ſchlieſst das Ventil; verringert ſich jedoch infolge der Abkühlung die Krümmung der Rohre *c* und *d*, ſo wird das Ventil geöffnet.

Wegen des Erforderniſſes einer gröſseren Kühlfläche für die Tätigkeit der letztgenannten Selbſtleerer ſind ſie vorwiegend für Heizkörper geeignet, während die unter 1 beſprochenen Einrichtungen für die Entwäſſerung der Dampfleitungen ſich beſſer eignen.

Ein Heer verſchiedener Anordnungen von Selbſtleerern iſt bekannt; die untenverzeichneten Quellen[210]) bieten bereits eine reiche Auswahl.

[210]) Polyt. Journ., Bd. 192, S. 7; Bd. 216, S. 13; Bd. 217, S. 9; Bd. 225, S. 20; Bd. 235, S. 19; Bd. 236, S. 14; Bd. 238, S. 497; Bd. 239, S. 259, 454; Bd. 240, S. 176; Bd. 245, S. 147, 199; Bd. 246, S. 392; Bd. 247, S. 197, 480; Bd. 256, S. 49, 97

Die Selbſtleerer ſind unangenehme Einrichtungen der Dampfheizungen, indem ſie — mit Ausnahme des durch Fig. 238 (S. 279) dargeſtellten, nur für niedrig geſpannten Dampf brauchbaren — mit ſelbſttätigen Ventilen verſehen ſind, welche nicht ſelten Störungen unterliegen. Für Hochdruck-Dampfheizungen und zugehörige Dampfleitungen ſind jedoch die Selbſtleerer unentbehrlich.

321.
Rohrwerk für Niederdruck-Dampfheizungen.

Anders iſt es bei Niederdruck-Dampfheizungen, welche, bei geeigneter Anordnung des Rohrwerkes, ohne ſelbſttätige Ventile ſind. Wegen der Wichtigkeit ungeſtörter Entwäſſerung für Dampfheizungen gehe ich an dieſer Stelle näher auf die Anordnung des Rohrwerkes für Niederdruck-Dampfheizung (höchſter Ueberdruck des Dampfes gleich 4000 mm Waſſerſäule) ein.

Die ältefte (gegen 1865 von *Bechem & Poſt* eingeführt) iſt die Einleiteranordnung (Fig. 244). Vom Dampfkeſſel A ſteigt das Stammdampfrohr raſch empor und fällt dann, die Ortslage der einzelnen Heizkörper verfolgend, mit ſtetem Gefälle nach dem Keſſel A zurück. Das im Stammrohre ſich bildende Niederſchlagwaſſer fließt mit dem Dampf und gelangt ohne weitere Beihilfe ſchließlich auf dem angegebenen Wege in den Keſſel zurück. Vom Stammrohr iſt für jeden Ofen B und C ein Rohr emporgeführt, das den Dampf nach oben und gleichzeitig das Waſſer nach unten leitet. Das Stammrohr leitet alſo auch das Waſſer der Oefen B und C nach dem Keſſel zurück. Bedingung für die regelrechte Entwäſſerung iſt, daſs der Abſtand h_1 vom Waſſerſpiegel des Keſſels bis zum Ofen gröſser iſt als die Summe der Widerſtände $\mathfrak{W}$, in Millim. Waſſerſäule ausgedrückt, alſo:

Fig. 244.

$$h_1 > \Sigma\, \mathfrak{W} \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 159.$$

Es iſt ſelbſtverſtändlich, daſs die Rohre, die gleichzeitig Dampf und Waſſer leiten, etwas weiter gemacht werden müſſen als diejenigen, welche nur eines von beiden führen.

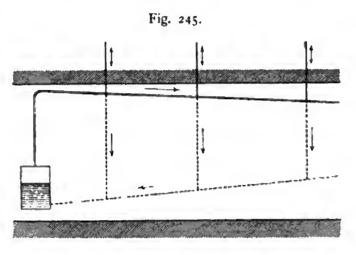
Dieſe reine Einleiterführung bedingt ferner, da die Heizfläche der Oefen und die Dampftemperatur nicht geändert werden können, eine Regelung der Luftbeſpülung der Oefen, um die Wärmeabgabe zu regeln. Davon wird ſpäter ausführlicher die Rede ſein. Will man, wie beim Ofen D in Fig. 244 angedeutet, die Wärmeabgabe durch teilweiſes oder gänzliches Abſperren des Dampfzufluſſes regeln, ſo muſs man in der Nähe des Ofens das Rohr in zwei Teile zerlegen; der eine

Teil führt Dampf nach oben; der andere leitet das Waffer vom Boden des Ofens ab. Würde der letztere Teil in einem kurzen, geraden Anfchlufsrohre beftehen, fo würde, fobald man das Ventil v fchliefst, der Dampf unter gurgelndem Geräufch von unten in den Ofen treten. Man könnte verfuchen, folches durch Einfchalten einer Rohrfchleife zu verhindern, wie die Abbildung andeutet. Wenn man aber das Ventil fchliefst, fo entfteht im Ofen eine Luftleere, und es müfste die Höhe der Schleife, um das Eindringen von Waffer und Dampf zu verhüten, eine Höhe h_2 haben, die ausgedrückt wird durch:

$$h_2 > p_1 + 10000 \text{ Millim.},$$

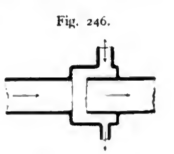
wenn p_1 den Keffeldruck (in Millim. Wafferfäule) bezeichnet. Eine folche Höhe dürfte kaum zu erreichen fein. Verbindet man aber den Hohlraum des Ofens D durch eine Oeffnung mit dem Freien, welche genügt, um das Bilden einer Luftleere zu verhüten, fo braucht h_2 nur gröfser als p_1 zu fein.

Fig. 245.



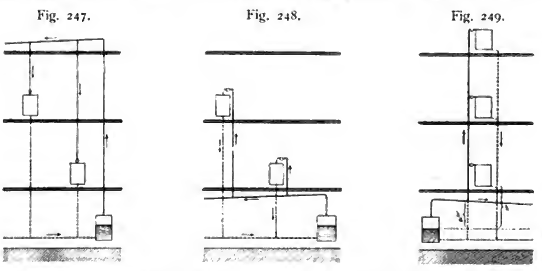
Bei grofser Länge des Stammrohres wird vorgezogen, es mit einem das Waffer führenden zweiten Rohre zu verfehen. Die vom Stammrohre emporfteigenden Zweigrohre in Fig. 245 verbinden erftere geradefo mit den Oefen, wie durch Fig. 244 dargeftellt ift; gegenüber diefen Rohren, die Waffer und Dampf führen, find dem Stammrohre Entwäfferungsrohre (geftrichelte Linien) angefchloffen, deren Waffer durch ein Sammelrohr dem Keffel zugeführt wird. Diefes Sammelrohr kann auch, nach Fig. 234, neben das Stammrohr gelegt werden. Damit das das Stammrohr kreuzende, nach unten fallende Waffer nicht vom Dampf mitgeriffen wird, hat *Kaeferle* das Kreuzftück nach dem Schnitt in Fig. 246 geftaltet.

Fig. 246.



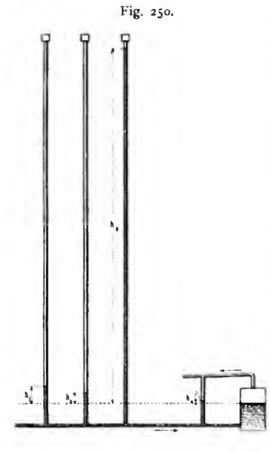
Jetzt wird die Einleiteranordnung nur noch in befonderen Fällen angewendet und faft allgemein die Zweileiteranordnung gewählt. Fig. 247, 248 u. 249

Fig. 247. Fig. 248. Fig. 249.



ftellen die Hauptformen diefer Anordnungen dar. Die Dampfrohre find ausgezogen, die Entwäfferungsrohre geftrichelt gezeichnet. Die Regelung der Wärmeabgabe ge-

Fig. 250.



fchieht durch Droffeln des Dampfes. Alsdann ift die Höhe h des unterften Ofens über dem Wafferfpiegel des Keffels zu nehmen: 1) wenn der Ofen ftets in vollem Betriebe ift, $h > \Sigma \mathfrak{W}$; 2) wenn der Druck im Ofen nicht unter den der Atmofphäre finken kann, aber der Dampf zuweilen ganz abgefperrt wird: $h > p_1$; 3) wenn beim Abfperren Luftleere entftehen kann: $h >$ 10000 mm $+ p_1$.

Um diefe Höhenunterfchiede anfchaulich zu machen, habe ich fie in Fig. 250 mafsftäblich zufammengeftellt. Man erfieht aus diefer Abbildung fofort die Unmöglichkeit, die Luftleere im Ofen zuzulaffen. Früher hat man wohl die auf der Hand liegenden Schwierigkeiten durch Einfchalten von Rückfchlagventilen zu umgehen gefucht. Allein folche Ventile verfagen nicht felten und fuhren aufserdem andere Unzuträglichkeiten mit fich. Man verhindert deshalb jetzt allgemein das Entftehen der Luftleere und rechnet aus diefem Grunde mit $h > p_1$.

Infolge einer Studie, welche ich 1879 veröffentlichte [211]), brachte *Käuffer* ganz nahe am Ofen im Entwäfferungsrohr eine Oeffnung an, durch welche Luft aus- und eintreten konnte. Die Einrede, dafs durch das häufige Eintreten frifcher Luft das Roften im Inneren der Rohre gefördert werde, und die andere, dafs die in das Zimmer austretende Luft übel rieche, auch zuweilen mit Dampf gemifcht fei, veranlafste *Käuffer*, die Oeffnungen durch ein gefchloffeneres Rohrwerk mit einem ebenfalls gefchloffenen (einer Gasglocke ähnlichen) Gefäfs zu verbinden, fo dafs die austretende Luft nur in diefes Gefäfs abftrömen und die eintretende blofs diefem Gefäfs entnommen werden konnte.

Diefe Anordnung ift unter Beibehaltung des ihr zu Grunde liegenden Gedankens mannigfach durchgebildet, auch fo, dafs die befondere Luftleitung fallen gelaffen ift, indem man die entfprechend erweiterte Entwäfferungsleitung gleichzeitig als Luftleitung benutzt und ftatt des Luftgefäfses ein in das Freie mündendes Rohr anbringt. Man fpricht dann von g e m e i n f a m e r (zentraler) Ent- und Belüftung der Heizkörper. Man verbindet aber auch den einzelnen Ofen oder Gruppen von Oefen mit einem in das Freie mündenden Rohre.

Bei allen diefen Anordnungen ift darauf zu achten, dafs höchftens fehr geringe Dampfmengen in die Luftleitungen oder das, was deren Aufgabe zu erfüllen hat, gelangen können; es ift das D u r c h f c h l a g e n d e s D a m p f e s zu verhindern.

Diefes Durchfchlagen mufs auch aus anderen Gründen verhindert werden. Gefetzt, es werde das Dampfventil eines der Oefen in Fig. 249 ganz gefchloffen, während das Ventil eines der anderen Oefen ganz geöffnet wäre, fo könnte der Dampf durch diefen letzteren Ofen und die Entwäfferungsleitung in den aufser Betrieb gefetzten Ofen gelangen.

---

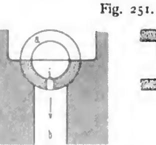
211) Siehe: Polyt. Journ., Bd. 234, S. 161.

Wegen der doppelten Bedeutung des Durchfchlagens follen den Mitteln, die es zu verhüten vermögen, noch einige Worte gewidmet werden.

Als erftes und allgemeinftes Mittel ift anzuführen: man läfst nicht mehr Dampf in den Ofen treten, als diefer mit Sicherheit niederzufchlagen vermag. Diefes Mittel bedingt genau beftimmte gröfste Weite der Einflufsöffnung und Innehalten einer beftimmten oberen Grenze des Dampfdruckes. Da die Ausflufsgefchwindigkeit des Dampfes im wefentlichen zur Quadratwurzel aus dem Dampfdruck in geradem Verhältnis fteht, fo find die infolge von Druckfchwankungen des Dampfes eintretenden Aenderungen der Ausflufsmenge bei niedrig gefpanntem Dampf weniger fühlbar als bei Hochdruckdampf. Deshalb empfiehlt es fich fur vorliegenden Zweck, die Anlage für niedrigen Dampfdruck einzurichten. Man pflegt dann wohl eine befondere Droffelvorrichtung, z. B. eine Art Ventil, vor dem fonft zum Regeln gebräuchlichen Ventil anzubringen und bei den vor Abgabe der Anlage vorzunehmenden Verfuchen diefe Droffelvorrichtung auf den höchften Dampfverbrauch einzuftellen. Beffer noch ift es, folche Einftellung, bezw. Durchlafsbefchränkung am Regelungsventil anzubringen. Bei fehr ausgedehnten Rohrnetzen und ftark wechfelnder Benutzung der einzelnen Oefen find noch Druckregler einzufchalten.

Gemeinfam mit diefem Mittel oder auch allein vermeidet man die fchädlichen Folgen des Durchfchlagens durch Anwendung fehr enger Abflufsöffnung. Bei einem Ueberdruck von 50 mm Wafferfäule fliefsen z. B. durch ein 2 mm weites Loch gegen $6\frac{1}{2}$ kg Waffer, die etwa 3600 Wärmeeinheiten entfprechen, aber nur 0,0008 kg Dampf im Werte von $\frac{1}{2}$ Wärmeeinheit. Solch kleine Oeffnungen werden durch zufällig vorkommende Unreinigkeiten leicht verftopft. An einem amerikanifchen Eifenbahnwagen fah ich die Abflufsöffnung in einem Hahnküken angebracht[212]), welches man, fobald eine Verftopfung eingetreten ift, um 180 Grad dreht, fo dafs das nun von der anderen Seite drückende Waffer die Verftopfung leicht befeitigt. *Kaeferle* fchiebt, nach Fig. 251, einen leicht herausnehmbaren hohlen Körper *a* über die Abflufsöffnung *b*, deffen obere Wand durch feine Sägefchnitte das Waffer in das Innere von *a* gelangen läfst, von wo es durch die kleine, genau bemeffene Oeffnung *i* weiterfliefst. Die feinen Schlitze laffen Unreinigkeiten, welche *i* verftopfen könnten, nicht hindurch, wohl aber felbft dann noch das Waffer in genügender Menge, wenn fie felbft in gröfserem Umfange verftopft fein follten.

Fig. 251.



c) Konftruktion und Einrichtung des Rohrwerkes.

322. Stoffe.

Die Rohre werden von 5 cm Weite ab um 1 cm, von 10 cm Weite ab um 2,5 cm fteigend in Gufseifen ausgeführt. (Vergl. die Tabelle Teil I, Bd. 1, erfte Hälfte diefes »Handbuches« Abt. I, Abfchn. 1, Kap. 6, unter b.)

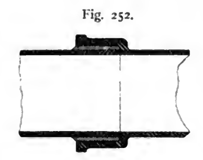
Schmiedeeiferne Rohre findet man im Handel meiftens nach englifchem Mafs ausgeführt (vergl. die Tabelle in dem eben genannten Bande diefes »Handbuches«, Kap. 6, unter g), aber auch in anderen Mafsen und Abftufungen bis zu 30 cm Weite.

212) Siehe: Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1893, S. 1258.

Zu leichten Leitungen verwendet man auch Rohre aus ſtarkem Weiſsblech, welche, um ſie gegen das Roſten genügend widerſtandsfähig zu machen, beiderſeitig mit gutem Anſtrich verſehen werden. Kupferrohre werden ihres Preiſes wegen nur in einzelnen Fällen gebraucht; noch ſeltener Meſſingrohre.

323.
Verbindung der guſseiſernen Rohre.

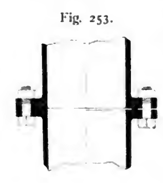
Fig. 252.



Guſseiſerne Rohre werden ſelten mittels Muffen (Fig. 252) verbunden, und dann nur, indem der Hohlraum der Muffe mit ſog. Eiſen- oder Roſtkitt oder auch Spencemetall gefullt wird. Da beide beim Feſtwerden ſich ausdehnen, ſo liegt die Gefahr des Zerſprengens der Muffe vor. Bei vorſichtiger Arbeit wird die Verbindung ſo feſt, daſs ſie nur unter Zertrümmerung wenigſtens eines Endes des betreffenden Rohres gelöſt werden kann. Die hieraus erwachſenden Unannehmlichkeiten laſſen in den meiſten Fällen die Anwendung der Muffenverbindung nicht rätlich erſcheinen.

Weit gebräuchlicher iſt daher die Verbindung der guſseiſernen Rohre durch Flanſche oder Scheiben (Fig. 253). Zwiſchen die gut aufeinander paſſenden, zu dieſem Ende ſauber gedrehten Scheiben wird Kitt gelegt, indem man eine der Flächen vor dem Auflegen der anderen möglichſt gleichmäſsig mit Mennigekitt oder Diamantkitt bedeckt. Paſſen die Flächen nicht ſehr gut aufeinander, ſo muſs der Kitt noch eine Stütze haben, um bei Erwärmung der Rohre nicht teilweiſe aus der Fuge gedrückt zu werden. Dieſe Stütze beſteht entweder aus in mehreren Ringen oder einer Spirale aufgelegtem Bindfaden, oder in beiderſeitig mit Kitt gut beſtrichenen, feinen Drahtgeweben, »Sieb«. Für geringere Dauer beſtimmte Dichtungen werden auch mit Hilfe einer Gummilage hergeſtellt. Die dauerhafteſten Dichtungen erhält man, indem man von der Verwendung des Kittes ganz abſieht, ſtatt deſſen einen Ring von weichem Kupferdraht, der mit Silberlot gelötet iſt, oder beſſer einen Kupferring mit dreikantigem oder zickzackförmigem Querſchnitt verwendet (vergl. Fig. 253, rechte Hälfte). Das weiche Kupfer wird durch die Eiſenfläche ſo umgeſtaltet, daſs es ſich innig an dieſe anſchlieſst.

Fig. 253.

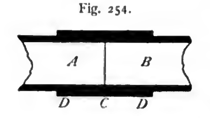


Auch Asbeſt iſt, in Pappengeſtalt, ein ziemlich dauerhaftes Dichtungsmittel.

324.
Verbindung der ſchmiedeeiſernen Rohre.

Schmiedeeiſerne Rohre verbindet man bis zu 5 cm Weite faſt immer mittels ſog. Muffen, über dieſes Maſs hinaus auch mittels Flanſche oder ſog. Ueberwürfe. Die am wenigſten gute, aber brauchbare Verbindung ſchmiedeeiſerner Rohre ſtellt Fig. 254 dar. Auf beide in Frage kommende Enden *A* und *B* der Rohre iſt rechtsgängiges Gewinde geſchnitten, in welches das Muttergewinde der Muffe *C* faſst. Die eigentliche Dichtung erzielt man, indem man kegelförmig ausgedrehte Gegenmuttern *D* gegen die Muffe ſchraubt, nachdem ein mit Kitt beſtrichener Hanfzopf eingelegt iſt.

Fig. 254.



Sicherer ſind auch hier die metalliſchen Dichtungen. Man macht die Gewinde an den Rohrenden *A* und *B* ſchwach kegelförmig und ſehr genau, und ebenſo die Muttergewinde, ſo daſs durch kräftiges Ineinanderdrehen eine ſehr dichte Verbindung

erzielt wird. Oder man verſieht, nach Fig. 255, eines der Rohrenden mit linksgängigem, das andere mit rechtsgängigem Gewinde, zu denen ſelbſtverſtändlich die Gewinde der Muffe *C* paſſen. Die Stirnſeiten der Rohrenden ſind doppelt kegelförmig geſtaltet, ſo daſs auf ihnen ſog. Schweinsrücken entſtehen, welche, bei gehörigem Anziehen der Muffe, ſich beide in einen Ring weichen Kupfers drücken.

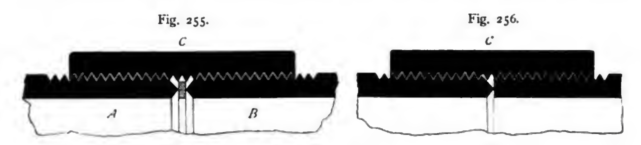


Fig. 255. Fig. 256.

Nach Fig. 256 ſind die Gewinde ebenfalls rechts- und linksgängig; aber nur eine Stirnſeite der Rohre iſt mit Schweinsrücken verſehen, während die gegenüberliegende Stirnſeite eben iſt. Daher muſs ein gegenſeitiges Verdrücken des Schmiedeeiſens ſtattfinden, welches unſchwer gelingt, wenn die einzelnen Teile mit gröſster Genauigkeit ausgeführt ſind.

Wegen des Widerſtandes, welchen die gegeneinander gepreſsten Gewindegänge der austretenden Flüſſigkeit entgegenſetzen, iſt bei Prüfungen der Rohrverbindungen erſt nach längerer Zeit ihre Undichtheit zu erkennen. Man durchbohrt deshalb nicht ſelten die Muffe der Dichtungsſtelle gerade gegenüber, ſo daſs das Lecken einer Verbindung ſich ſofort bemerklich macht.

Fig. 257.

Die Flanſche ſchmiedeeiſerner Rohre verlötet oder verſchweiſst man mit den Rohrenden oder nietet ſie dort feſt.

Die Bundringe werden meiſtens aufgeſchweiſst. Man legt dann entweder einen ſog. loſen Flanſch *A* (Fig. 257) hinter den Bundring oder bedient ſich der Schelle *C* (Fig. 258), welche hinter den Bundring des Rohrendes *B* ſich legt und mit ihrem Muttergewinde in das Gewinde des Rohrendes *A* faſst. Das Anziehen der Schelle erfordert eine ziemlich groſse Drehkraft, der die — mittels Zangen feſtgehaltenen — Rohre widerſtehen müſſen; ferner haben die in Fig. 257 u. 258 dargeſtellten Verbindungen den Fehler, daſs die Flanſche oder Schellen vor dem Anſchweiſsen, bezw. Löten der Bundringe auf die Rohre geſteckt werden müſſen. Beide oft recht unangenehme Uebelſtände werden durch die von mir ſeit 1875 verwendete Verbindung gehoben, welche Fig. 259 im Querſchnitt und in teilweiſem Längenſchnitt verſinnlicht. Hinter die Bundringe *A*, *B* ſind die Bogenſtücke *D*, *E* gelegt, auf welche die Schelle in geeigneter Weiſe einwirkt, wie aus dem Längenſchnitt ſofort erkannt werden kann. Da die Bogenſtücke

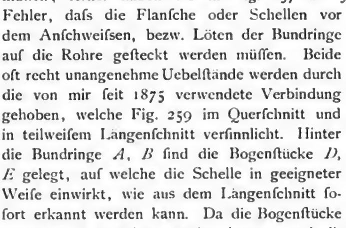
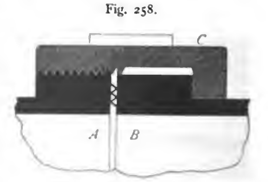


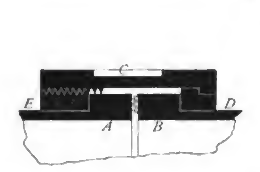
Fig. 258.

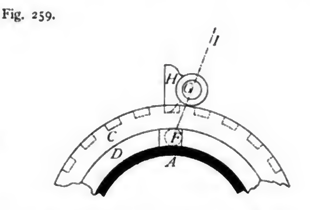


nachträglich eingelegt werden können und die kleinſte Weite der Schelle gröſser iſt als der gröſste Durchmeſſer der Bundringe, ſo vermag man dieſe fertig zu machen, bevor die Schellen auf die Rohre geſteckt werden. Das Drehen der Schelle den Bogenſtücken *D* und *E* gegenüber findet ſtatt, indem man eine zu

dieſem Zwecke geeignet geſtaltete Zange mit einander gegenüberliegenden Zapfen *F* in den Spielräumen, die zwiſchen den Enden der Bogenſtücke liegen, ſtützt und die Klinke *H* nach der gewünſchten Drehrichtung in Vertiefungen der Schelle *C*

Fig. 259.





einfaſſen läſst. Durch Drehen der Zange *F G I* erfolgt alsdann das Drehen der Schelle, ohne nennenswerte Beanſpruchung der Rohre.

Fig. 260.



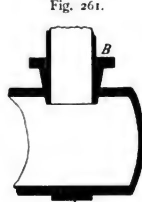
Die Dichtung dieſer Verbindungen erfolgt in derſelben Weiſe wie bei guſseiſernen Rohren.

325.
Verbindung der kupfernen Rohre.

Kupferne Rohre werden mit ſchmiedeeiſernen oder meſſingenen Endſtücken ähnlicher Geſtalt, wie hier erörtert, verlötet und in der zugehörigen Art verbunden. Zuweilen lötet man auch einen Stulp von ſtarkem Kupferblech auf jedes Rohrende und legt einen ſchmiedeeiſernen oder guſseiſernen Flanſch hinter jeden Stulp (Fig. 260).

326.
Abzweigungen, Ablenkungen, Krümmungen.


Fig. 261.



Die Abzweigungen der guſseiſernen Rohre werden durch Stutzen oder beſonders eingelegte **T**-Stücke gebildet. Gebräuchliche Schenkellängen (von Mitte Rohr bis Flanſchfläche) enthält die oben angezogene Tabelle. Kann eine Abzweigung nicht von vornherein vorgeſehen werden, ſo bedient man ſich der durch Fig. 261 wiedergegebenen Verbindungsweiſe. In die Wandung des Rohres iſt ein kegelförmiges Loch gebohrt, in welches das kegelförmig zugeſpitzte, genau paſſende Ende des Zweigrohres gepreſst wird. Zuweilen legt man auch hier einen weichen Kupferring ein. Das Anpreſſen findet unter Zuhilfenahme eines Bügels *A* ſtatt, welcher um das Rohr gelegt wird, und deſſen zu Schrauben ausgebildete Schenkel durch das Querſtück *B* geſteckt ſind.

Ablenkungen und Krümmungen werden mit Hilfe im Handel vorkommender Bogenſtücke (vergl. die mehrfach angezogene Tabelle) oder durch eigens für den Bedarf geſtaltete Rohre erreicht.

Für ſchmiedeeiſerne Rohre verwendet man ähnliche **T**-, **L**-, Bogen- und Verjüngungsſtücke, wie für Gasleitungen (vergl. Art. 58, S. 54), oder — bei gröſseren Weiten — guſseiſerne Anſchluſsſtücke. Krümmungen werden, ſofern der Krümmungshalbmeſſer den dreifachen Rohrdurchmeſſer nicht unterſchreitet, auch durch Biegen der Rohre hergeſtellt.

327.
Längenausgleicher

In Art. 320 (S. 281) wurden die Dehnungen der Metalle infolge der Temperaturveränderungen angegeben. Da die hier in Frage kommenden Rohrleitungen

ausnahmslos erheblichen Temperaturſchwankungen unterworfen und oft ſehr lang ſind, ſo ſind für die Längenveränderungen **Ausgleicher** oder **Kompenſatoren** einzuſchalten. Sehr einfach und wirkſam iſt die Längenausgleichung zu erreichen, wenn die Leitung eine rechtwinkelige Ablenkung erfährt (Fig. 262), indem alsdann das betreffende knieförmige Rohr nur die erforderliche Biegſamkeit zu haben braucht, um der Dehnung des zugehörigen Rohrſtranges nachgeben zu können. Innerhalb eines gerade fortlaufenden Rohrſtranges ſchaltet man in demſelben Sinne auch nach Fig. 263 gebogene Rohre ein.

Fig. 262.

Für die Abmeſſungen derartiger, allgemein beliebter Schleifen habe ich folgende Erfahrungszahlen bewährt gefunden. Die Schleife iſt aus Kupfer angefertigt, die Rohrweite heiſse D, die Höhe der Schleife, von der Rohrleitungsmitte bis zur entfernteſten Mitte des ſchleifenförmig gebogenen Rohres A, die Leitungslänge, deren Dehnung die Schleife aufnehmen ſoll, L; alsdann iſt anzunehmen:

Fig. 263.

für geſchloſſene Dampf- und Waſſerheizungen $A = \sqrt{D\,L}$,
für offene Waſſerheizungen oder Niederdruck-
Dampfheizungen . . . . $A = 0{,}8\sqrt{D\,L}$.

In Berückſichtigung deſſen, was im vorhergehenden über das Längenprofil der Rohrleitungen geſagt wurde, iſt das Anbringen derart krummer, biegſamer Rohre nicht immer tunlich, weshalb man einen aus biegſamen Platten gebildeten Ausgleicher (Fig. 264) oft verwendet findet. Es iſt nun nicht ganz zu vermeiden, daſs Schmutzteile irgendwelcher Art in die Rohre gelangen oder darin gebildet werden. Die Schmutzteile werden durch die Strömung der betreffenden Flüſſigkeit fortgeſpült, bis ſie geeignete Ablagerungsorte, wie die Erweiterung, welche Fig. 264 bildet, auffinden; ſie ſinken im keilförmigen Ausgleich nieder und werden dort allmählich dermaſsen verdichtet, daſs aus ihnen ein feſter Körper wird. Dieſer hindert die freie Beweglichkeit der biegſamen Platten und führt nicht ſelten zu deren Bruche. Daher iſt die durch Fig. 265 wiedergegebene Anordnung zweckmäſsiger, indem ſie mehr Raum für die Ablagerungen gewährt. Behufs Erreichung einer gröſseren Biegſamkeit werden die Platten, wie in der rechten Hälfte von Fig. 265 angedeutet iſt, auch mit wellenförmigem Querſchnitt hergeſtellt.

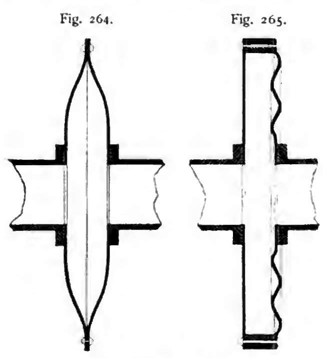


Fig. 264. Fig. 265.

Längenausgleicher.

Die angeführten ſcheibenartigen Längenausgleicher gewähren eine nur geringe Verſchiebbarkeit, weil die Platten ſtark genug ſein müſſen, um dem Ueberdrucke der geleiteten Flüſſigkeit dauernd widerſtehen zu können. Der von der New Yorker

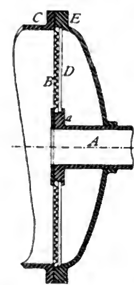


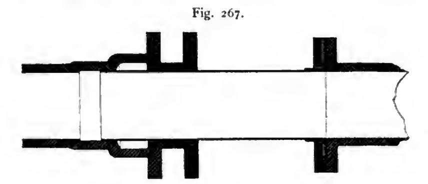
Fig. 266.

Steam-Comp. benutzte und durch Fig. 266 verſinnlichte Längenausgleicher iſt ihnen gegenüber weſentlich vorteilhafter [213]).

A bezeichnet das Ende eines der beiden Rohre. Es iſt mittels der dünnen, gewellten Kupferplatte *B* mit dem Ringe *C* dicht verbunden; an *C* ſchlieſst ſich in gleicher Weiſe das Ende des anderen Rohres. *B* wird nun dadurch befähigt, dem Ueberdrucke der geleiteten Flüſſigkeit zu widerſtehen, dafs man die Platte durch zahlreiche keilförmige und ſteife Platten *D* ſtützt, welche mit einem Ende in einen Falz des Ringes *E*, mit dem anderen in einen Falz des Flanſches *a* greifen. Die Steifheit der gewellten Platte braucht ſonach nur eine geringe zu ſein.

Die ſcheibenförmigen Ausgleicher ſind ihres Raumbedarfes halber nicht immer unterzubringen, ſo dafs man in einzelnen Fällen die Stopfbüchſe (Fig. 267) als Ausgleicher benutzen muſs. Am betreffenden Orte iſt eines der Rohrenden mit der eigentlichen Stopfbüchſe, das andere mit einem möglichſt glatten, behufs Erhaltung der Glätte meiſtens aus Kupfer oder Meſſing verfertigten Rohranſatz ausgeſtattet. Da die Packung der Stopfbüchſe geſchmiert werden muſs, die Schmiere aber infolge der Wärme verharzt, auch die verſchiedenartige Dehnung der Stopfbüchſenteile zu Klemmungen Veranlaſſung gibt, ſo bieten die Stopfbüchſen bei mangelhafter Wartung oder fehlerhafter Einrichtung einen ſo groſsen Widerſtand, dafs ſie den Dehnungen des betreffenden Rohrſtranges nicht nachgeben, vielmehr zu Rohrbrüchen oder ähnlichem führen. Man wendet die Stopfbüchſe deshalb ungern an.

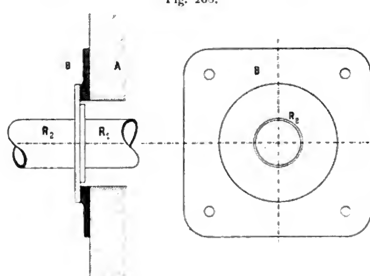
Fig. 267.



338.
Stützen der Rohre.

Um die Ausgleicher für die ihrer Wirkſamkeit zugedachte Rohrſtrecke ſicher benutzbar zu machen, befeſtigt man die Leitung an geeigneten Punkten. Wird dies verſaumt, weiſt man nicht jedem Ausgleicher ein ganz beſtimmtes Gebiet an, ſo wirken die ſteiferen oder überhaupt mehr Widerſtand leiſtenden Ausgleicher gar nicht, während die ſchwächeren, zu weitgehender Nachgiebigkeit gezwungen, vielleicht zerbrochen werden. Da die am Hauptrohr befeſtigten Zweigrohrenden mit erſterem ſich verſchieben müſſen, ſo iſt eine ſolch unbeabſichtigte Bewegung der erſteren auch den Zweigrohren gefährlich.

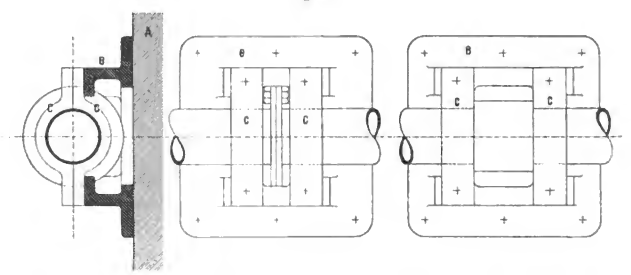
Fig. 268.



[213]) Siehe: Centralbl. d. Bauverw. 1883, S. 76.

Fig. 268 zeigt eine ſolche Rohrbefeſtigung für den Fall, daſs das Rohr quer durch eine genügend widerſtandsfähige Wand A geführt wird. Eine kräftige Platte B iſt mit A gut verankert. Das Ende des Rohres R_1 iſt mit gewöhnlichem Flanſch verſehen, das Ende von R_2 mit ſo groſsem Flanſch, daſs dieſer ſich gegen B legt und mit dieſer Platte verſchraubt wird. Nach Fig. 269 liegt das Rohr

Fig. 269.

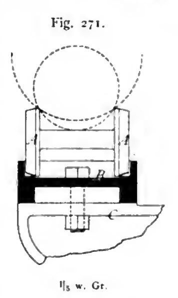


längs der Wand A. Links und rechts von der Flanſchverbindung oder links und rechts von der verbindenden Muffe ſind Schellen C angebracht, welche ſich zwiſchen Naſen des an der Wand A feſten Bockes B legen und hier durch Schrauben feſtgehalten werden.

Fig. 270.

Alle übrigen Stützpunkte ſollen die Beweglichkeit der Rohre möglichſt wenig hemmen. Die zweckmäſsigſte Stützung der Rohre iſt deshalb das Aufhängen an pendelartig beweglichen Bändern, wie Fig. 270 in zwei verſchiedenen Arten angibt. Die Schrauben, an welchen die dünnen Eiſenbänder hängen, gewähren vortreffliche Gelegenheit zum Hervorbringen einer genauen Höhenlage der Rohre. Sonſt legt man die Rohre auf Rollen A (Fig. 271), deren Bahnen B auf Mauern oder Wandarmen C befeſtigt ſind. Die hier gezeichnete Geſtalt der Rollen ſichert ihren guten Lauf und geſtattet, die gleichen Rollen für verſchiedene Rohrdurchmeſſer zu verwenden. Leichtere und nicht ſehr lange Rohrſtränge vermögen auf feſten Unterlagen zu gleiten.

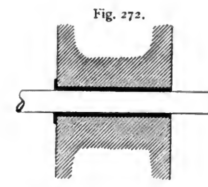
Fig. 271.



1/5 w. Gr.

An denjenigen Stellen, an welchen aus weiter oben angegebenen Gründen die

Fig. 272.



Rohrleitung feftgehalten werden foll, kann man fie natürlich ohne Bedenken unmittelbar vom Mauerwerk umfchliefsen laffen; durchbricht aber die Rohrleitung aufserdem Wände oder Decken, fo foll man ihr den für ihre Dehnungen erforderlichen freien Spielraum laffen. In der Regel kommen Rohrverfchiebungen, als Folge des Temperaturwechfels, nur in der Längenrichtung der Rohre vor. Alsdann genügen eingefchobene Büchfen (Fig. 272), die an ihren Enden nach Umftänden mit verzierten Reifen verfehen werden, um Ausbröckelungen der Wände und dergl. zu verhüten.

Fig. 273.

Fig. 274.

Fig. 275.

Fig. 276.

Fig. 273 bis 276 zeigen noch einige Beifpiele von Anordnungen, welche den Dehnungen der Rohre Rechnung tragen. In dem fehr hohen Kolumbusbau zu Chicago[214]) befindet fich das Dampfverteilungsrohr *R* (Fig. 273) im XIII. Gefchofs. Von diefem zweigen Rohr-

[214]) Siehe: *Engineering record*, 5. Jan. 1895.

ftränge *A* und *B* ab, die den Dampf nach den einzelnen Gefchoffen führen, und zwar erftere nach oben, letztere nach unten.

Um den Dehnungen der lotrechten Strecken nachzugeben, find letztere durch etwa 3 m lange wagrechte Strecken mit *R* verbunden, wie Fig. 273 erkennen läfst. Die Rohre *B* fchliefsen fich unten an ein an der Kellerdecke hängendes Wafferrohr *C*, welches auch das fonftige Niederfchlagwaffer aufnimmt. Zwifchen dem XIII. Gefchofs und dem Kellergefchofs find die Rohre *B* einmal befeftigt, fo dafs von diefen Befeftigungsftellen die Dehnungen nach oben und unten erfolgen. Um diefe Verfchiebungen gegenüber den feftftehenden Heizkörpern *D* zu ermöglichen, find die Anfchlüffe nach Fig. 274 angeordnet. Auch das Sammelrohr *C* für das Niederfchlagwaffer ift nach Fig. 275 elaftifch geftützt.

Fig. 276 ftellt einen Teil des im Kellergefchofs befindlichen Rohrwerkes des *Lord's Court Building* in New York dar[215]).

A bezeichnet das nahe unter der Kellerdecke befindliche Hauptdampfverteilungsrohr, *B* ein zu dem am unteren Ende des Steigrohres *D* angebrachten Abfchlufsventil führendes Zweigrohr. Diefes Rohr ift zu Gunften der Dehnung mit einer winkeligen Biegung verfehen. Unterhalb des Steigrohres, in feiner geraden Verlängerung, befindet fich ein Anfatz, der in feinem unterften Ende als Schlammfang dient. Das winkelig gebogene Entwäfferungsrohr *F* fchliefst fich über dem Schlammfang an den Fortfatz, enthält bei *E* einen Selbftleerer und fchliefst fich an das Entwäfferungsrohr *G* an, welches das Niederfchlagwaffer der Heizkörper an das tiefgelegene Wafferfammelrohr *H* abliefert. Demnach ift auch hier den Rohren ohne eigentliche Längenausgleicher die nötige Dehnungsfreiheit gewährt.

329. Schonung der Rohrleitungen.

Die wechfelnden Dehnungen der Rohre fchädigen die Dauerhaftigkeit der Leitungen, gefährden insbefondere die Dichtheit der Verbindungen, auch wenn man in jeder Beziehung für ihre Freiheit geforgt hat. Naturgemäfs find plötzliche Temperaturänderungen fchädlicher als allmählich verlaufende. Solche plötzliche und dabei noch einfeitige Temperaturänderungen, bezw. Rohrdehnungen treten nun namentlich auf, wenn in bisher kaltliegende Rohre Dampf gelaffen wird. Das eintretende knackende Geräufch, ja das durch die gewaltigen Erfchütterungen veranlafste Hinwegfchleudern des auf den Rohren lagernden Staubes laffen die in diefen und ihren Verbindungen auftretenden, jeder Berechnung fpottenden Kräfte nur ahnen.

Die Rohrleitungen der Wafferheizungen erwärmen fich allmählich; vermöge der gebotenen Zeit und der grofsen Wärmeleitungsfähigkeit des Metalles findet daher ein jene Zuftände verhütender Wärmeausgleich ftatt.

Bei Dampfleitungen follte man ähnliches anftreben. Dies kann teilweife durch den Betrieb vermittelt werden, welchen ausführlich zu erörtern hier der Raum fehlt. Aber auch die Anlage, ja deren grundlegende Gedanken find für den vorliegenden Umftand von ausfchlaggebender Bedeutung.

Man foll, foweit möglich, die Anlage fo anordnen, dafs die Rohrleitungen, in welche der Dampf tritt, möglichft felten in oder aufser Betrieb geftellt werden oder, was auf dasfelbe hinausläuft, während der Heizzeit möglichft ftetig in Benutzung find.

Man findet nicht felten bei freier durchgebildeten Anlagen im oder nahe beim Keffelraume einen Ventilftock, von dem aus die einzelnen Räume oder doch Raumgruppen mit Dampf verforgt werden, und einen zweiten, an welchem das Niederfchlagwaffer eintrifft. Man beabfichtigt damit, die Bedienung zu erleichtern. Der Heizer vermag ohne viel Zeitaufwand die betreffenden Räume oder Zimmergruppen von der Heizung auszufchliefsen, bezw. die Heizung für fie in Betrieb zu fetzen. Man ftrebt auch wohl Wärmeerfparnis an, indem die ausgefchalteten Rohrleitungen

215) Siehe ebendaf., 6. Juni 1896.

am Wärmeverluft (fcheinbar) nicht teilnehmen. Während der erftgenannte Zweck tatfächlich erreicht wird, tritt eine Minderung der Wärmeverlufte felten ein. Jener Annehmlichkeit gegenüber fchafft man fich aber den erheblichen Nachteil, die Zerftörung der Leitungen auf das lebhaftefte zu fördern; das von manchem als grofse Unannehmlichkeit empfundene heftige Geräufch verfchwindet gegen den wahren Nachteil; es ift nur ein äufserliches Zeichen dafür.

Mir find manche Niederdruck-Dampfheizungen bekannt, deren Leitungen in oberflächlichfter Weife ausgeführt find; fie unterliegen aber während der ganzen Heizzeit faft genau gleichen Temperaturen und find deshalb bisher (feit mehr als 20 Jahren) in tadellofem Betriebe.

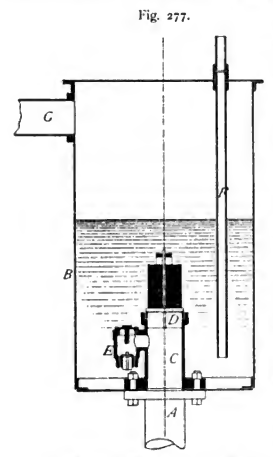
Das ftetige Heizen, welches auch aus anderen Gründen (fiehe weiter unten) fich empfiehlt, ift demnach auch für die Schonung der Rohrleitungen, insbefondere bei Dampfheizungen, von hohem Werte.

330. Ausdehnungs-gefäfse.

Die Ausdehnung des Waffers ift wefentlich gröfser als die Ausdehnung der Metalle; man mufs daher erfterer befonders Rechnung tragen.

Niederdruck-Wafferheizungen werden zu diefem Ende am höchften Punkte der Leitung mit einem entfprechend grofsen, offenen Ausdehnungsgefäfs *E* in Fig. 223 (S. 269), bezw. *B* in Fig. 232 (S. 274) verfehen. Die offenen Gefäfse geftatten eine fortwährende Verdunftung des warmen Waffers, was bei Gewächshausheizungen angenehm ift, aber bei anderen Heizungen oft zu grofsen Unzuträglichkeiten führt, indem das verdunftete Waffer fich an kälteren Flächen niederfchlägt und an den Mündungen der Rohre, welche es in das Freie führen follen, gefriert. Es ift daher felbft bei Niederdruck-heizungen zweckmäfsig, die Rohrleitung zu fchliefsen, und zwar mittels eines wenig be-lafteten Ventils.

Fig. 277.



Ausdehnungsgefäfs. — 1/10 w. Gr.

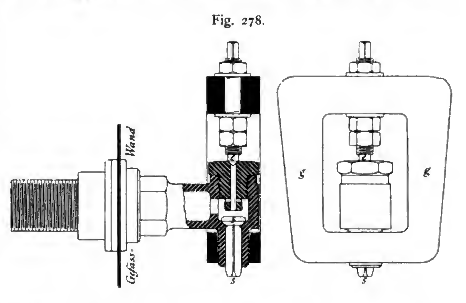
Fig. 277 ift der Durchfchnitt eines mit einem derartigen Ventil ausgeftatteten Ausdehnungsgefäfses.

A bezeichnet das obere Ende des Steigrohres, auf welchem das aus Eifenblech angefertigte Ausdehnungsgefäfs *B* befeftigt ift. Die Verlängerung des Steigrohres bildet den Ventilkörper *C*, deffen oberes Ende das gut geführte und wenig belaftete Ventil *D* fchliefst. Sobald fich das Waffer der Leitung infolge der Erwärmung ausdehnt, wird das Ventil *D* gehoben, fo dafs erfteres in das Gefäfs *B* auszufliefsen vermag. Nach Abkühlung der Leitung entfteht, wegen des Zufammenziehens des Waffers, im Ventilkörper *C* ein leerer Raum, welcher die Atmofphäre befähigt, das Waffer des Gefäfses *B* durch das Ventil *E* in den Ventilkörper *C* zurückzudrücken. Die Anordnung fichert die felbfttätige Entlüftung der Leitung ebenfo wie das offene Rohr, indem die Luft fich zuoberft fammelt, alfo bei jedesmaliger Erwärmung des Waffers zunächft ausfliefst. Beim Füllen der Leitung mufs man natürlich das Ventil *D* heben.

Unvorfichtige Bedienung der Heizung kann eine Dampfbildung herbeiführen. Die gebildeten Dampfblafen fteigen mit grofser Entfchiedenheit nach oben, verurfachen Erfchütterungen

und werfen eine gröfsere Waffermenge vor fich her, felbft wenn das Steigrohr möglichft unmittelbar vom Heizkeffel zum Ausdehnungsgefäfs führt. Diefe Waffermaffen kann man bei Berechnung der Gröfse des Ausdehnungsgefäfses nicht berückfichtigen. Deshalb ift das Gefäfs *B* mittels eines Deckels gefchloffen und ein Rohr angebracht, welches fowohl den Dampf als auch das im Uebermafs anftrömende Waffer abzuleiten vermag. Um dem Wärter Gelegenheit zur Beobachtung des Wafferftandes im Inneren des Ausdehnungsgefäfses zu geben, bringt man an diefem ein fog. Wafferftandglas an; die in Fig. 277 vorgefehene Einrichtung dürfte fich jedoch mehr empfehlen. Es ift nämlich ein Rohr *F* im Deckel des Gefäfses befeftigt. Steckt man in diefes einen Holzftab, fo fchwimmt er im Waffer des Rohres, fo dafs er mehr oder weniger über den Deckel des Gefäfses hervorragt, je nachdem der Wafferfpiegel höher oder niedriger fteht. Man kann fo den Wafferftand auch bei weniger guter Beleuchtung genau genug beobachten. Das Rohr *F* dient gleichzeitig zum Nachfüllen des Waffers.

Fig. 278.



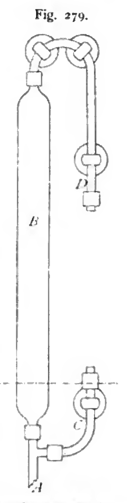
Für Mitteldruck- und zuweilen auch für Hochdruckheizungen werden ähnlich eingerichtete Gefäfse verwendet. Nur belaftet man das Auslafsventil ftärker, nach Umftänden unter Vermittelung von Hebelwerk.

Fig. 278 ftellt ein derartiges Ventil in teilweifem Schnitt und in der Anficht dar.

Das eigentliche Ventilgehäufe ift mit der Gefäfswand verfchraubt. Das kleine Ventil *e*, welches durch den fchweren Bügel *g* belaftet ift, läfst den Wafferüberfchufs und nach Umftänden die Luft austreten; das gröfsere Ventil *s* vermittelt nach Bedarf das Zurücktreten des Waffers.

Sonft find für Hochdruckheizungen die Ausdehnungsflafchen (Fig. 279) im Gebrauch.

Fig. 279.

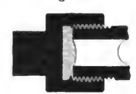


Ausdehnungsflafche.
1/10 w. Gr.

A bezeichnet das obere Ende der Leitung, *B* das aus Schmiedeeifen angefertigte Ausdehnungsgefäfs. Der Schenkel *C* dient zum Füllen der Leitung, während der Schenkel *D* die Luft abftrömen läfst. Es ift fonach unmöglich, das Gefäfs *B* höher als bis zum oberen Ende des Schenkels *C* zu füllen, fomit der zur Ausdehnung des Waffers zur Verfügung ftehende Raum nicht von der Willkür des Wärters abhängig. Die in *B* über dem Wafferfpiegel und in *D* eingefchloffene Luft wird bei Ausdehnung des Waffers zufammengedrückt; der Luftraum, welcher erforderlich ift, um ihre Spannung nicht gröfser werden zu laffen als die Spannung des Dampfes, deffen Temperatur der Waffertemperatur gleicht, ift fonach leicht zu berechnen. Bei 12,5 mm weiten Rohren und 50 mm Weite des Ausdehnungsgefäfses ift die Länge des letzteren gleich 1/100 der Rohrlänge zu nehmen.

Angefichts der gewaltigen, in den Leitungen der Hochdruckheizungen auftretenden Spannungen müffen die Verfchlüffe, aufser bequemer Handhabung, die Eigenfchaft haben, recht dicht zu fchliefsen. Man verwendet deshalb meiftens eine Bleifcheibe, welche mit Hilfe einer kräftigen

Fig. 280.



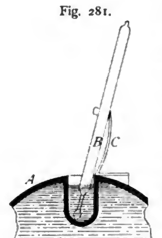
Kappe auf das betreffende Rohrende gefchraubt wird, wie Fig. 280 erkennen läfst.

Man verwendet übrigens folche gefchloffene Ausdehnungsgefäfse, felbftverftändlich in anderer Geftalt, als Fig. 279 darftellt, auch für Mittel- und Niederdruck-Wafferheizungen.

331. Temperaturbeobachtungen.

Eine befriedigende Bedienung der Heizungen erfordert die Kenntnis der Temperaturen des Dampfes, bezw. Waffers feitens des Wärters. Die Dampftemperatur fteht im innigen Zufammenhange mit der Dampffpannung; die Dampfheizungen werden deshalb häufig nach diefer, welche mittels Manometer gemeffen wird, bedient. Die Waffertemperaturen werden durch Thermometer gemeffen. Ein einfaches und handliches Anbringen des Thermometers verfinnlicht Fig. 281.

Fig. 281.

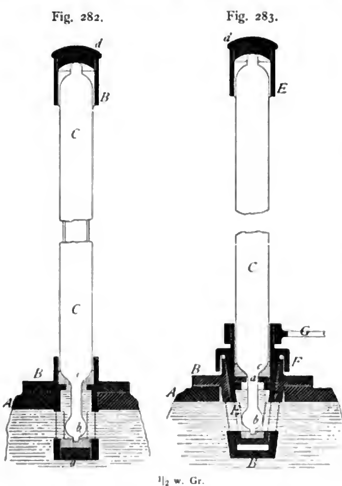


1/5 w. Gr.

In der oberen Wand *A* des Wafferrohres ift ein topfartiges Gefäfs ausgefpart, welches an feinen Aufsenflächen möglichft günftig vom Waffer befpült werden kann. Das Gefäfs ift mit Oel oder einer anderen fchwer fiedenden Flüffigkeit gefüllt; in diefe wird die Kugel des gewöhnlichen Thermometers *B* gefteckt. Als Stütze des Thermometers dient der Arm *C*.

Die Temperatur des Gefäfsinhaltes ift offenbar geringer als diejenige des Waffers, welches das Gefäfs von aufsen berührt, da vom Gefäfsinhalt fortwährend Wärme abgeführt wird. Wie grofs der Unterfchied ift, vermag man von vornherein nicht zu beftimmen. Er ift gröfser als bei der vorliegenden Einrichtung, wenn man das Gefäfs auf der Oberfläche des Rohres befeftigt, was vielfach gefchieht.

Fig. 282. Fig. 283.



1/2 w. Gr.

Man follte daher — **wo dies zuläffig ift** — die Thermometerkugel unmittelbar mit dem Waffer in Berührung bringen, deffen Temperatur man meffen will.

Fig. 282 ftellt eine derartige Anordnung im Schnitt dar. Auf die Rohrwand *A* ift eine metallene Faffung *B* des Thermometers *C* fo befeftigt, dafs die Kugel des letzteren, vermöge der Durchbrechungen der Faffung, vom Waffer befpült wird. Der metallene Boden *a* der Faffung ift zur Schonung der Thermometerkugel mit einer Korkplatte *b* bedeckt; *c* ift ein Gummiring, welcher die Abdichtung des Thermometers bewirkt, und *d* der Deckel der Faffung, welcher das Thermometer niederdrückt.

Der befchriebenen Anordnung haftet der Uebelftand an, dafs, fobald die Abdichtung des Thermometers ungenügend oder gar das Thermometer

zertrümmert wird, die Heizungsanlage aufser Betrieb gefetzt und das Waffer abgelaffen werden mufs.

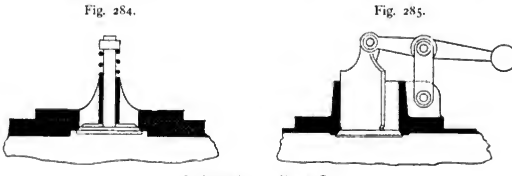
Koftfpielige Erfahrungen veranlafsten mich, Ende 1868 die Thermometerfaffung nach Fig. 283 zu ändern.

Auf die Rohrwandung ift der Flanfch des einem Hahngehäufe ähnlichen Körpers *B* gefchraubt. Die Thermometerfaffung *E*, deren unterer Teil hahnkükenartig geftaltet ift, pafst genau in *B* und wird mittels der Kappe *F* niedergehalten. Die Abdichtung erfolgt ebenfalls durch einen Gummiring *c*; diefer wird aber von zwei halben, fich dicht an den Thermometerhals legenden Bogenplatten *a* getragen, hat alfo eine weit ficherere Lage als bei der älteren Einrichtung. Sofern nun eine Befchädigung der genannten Dichtung oder des Thermometers *C* eintritt, kann, durch Umdrehen der Faffung *E* mittels des Handgriffes *G*, der Zuflufs des Waffers zur Thermometerkugel abgefperrt, das Ausbeffern des entftandenen Schadens in aller Ruhe vorgenommen und hierauf, durch Zurückdrehen der Faffung, der gezeichnete Zuftand wieder hergeftellt werden.

332.
Luftventile.

Dampfleitungen und Dampfheizöfen, deren Wandungen dünn find oder doch gegen Drücke von aufsen wenig Widerftand zu leiften vermögen, werden mit fog. Luftventilen (Fig. 284 u. 285) ausgerüftet, um den bei Verdichtung des Dampfes

Fig. 284. Fig. 285.



Luftventile. — 1/5 w. Gr.

entftehenden Ueberdruck der Atmofphäre auszugleichen. Das eine der Ventile wird mittels einer Schraubenfeder, das andere durch einen belafteten Hebel gegen feinen Sitz gedrückt. Da bei Anwendung derartiger Luftventile die Leitungen und Oefen fich bei jedesmaliger Aufserbetriebfetzung mit Luft füllen, fo müffen die genannten Ventile auch zur rafchen Entluftung verwendet werden und find deshalb meiftens fo angebracht, dafs fie leicht erreicht werden können.

333.
Schutz gegen Wärmeverlufte.

Die Berechnung der Leitungen für Wafferheizungen (fiehe Art. 308, S. 265) wurde unter der Vorausfetzung gemacht, dafs Wärmeverlufte nicht ftattfänden; man mufs daher, um den tatfächlich eintretenden Wärmeverluften Rechnung zu tragen, bei voller Beanfpruchung der Anlagen die Anfangstemperaturen des Waffers höher werden laffen als in der Rechnung angenommen wurde, und gleichzeitig die Rohrleitungen möglichft gegen Wärmeverlufte fchützen. Bei Berechnung des Widerftandes der Dampfleitungen wurde auf den grofsen Einflufs der Wärmeverlufte und auf den hohen Wert einer guten Bekleidung der Rohre befonders hingewiefen.

Die Forderungen, welche man an eine folche Bekleidung ftellen mufs, laffen fich wie folgt zufammenfaffen:

α) fie foll die Wärme möglichft fchlecht leiten;

β) fie foll den vorkommenden Temperaturen widerftehen;

γ) fie foll elaftifch fein, um durch die Dehnungen der Rohre nicht befchädigt zu werden;

δ) fie foll endlich, wenigftens in vielen Fällen, ein gefälliges Aeufsere haben.

Die erfte Bedingung wird offenbar von allen lockeren Körpern erfüllt, in welchen viele kleine Lufträume fich befinden, fo dafs der Luftinhalt als ruhend zu betrachten ift.

Vermöge der zweiten Bedingung werden pflanzliche und tierifche Stoffe zur unmittelbaren Berührung vieler Leitungen unbrauchbar.

Die dritte Bedingung dagegen macht die Verwendung der erwähnten Stoffe höchft wünfchenswert.

Warmwaffer-Heizungsrohre bekleidet man mit Stroh, Woll-, Baumwoll- und Seidenabfällen, Kuh- und Kälberhaaren oder aus diefen angefertigtem groben Filz, Korkplatten u. f. w. und bedeckt das Kleid mit Bretterkaften, fafsdaubenartig zufammengefügten Latten, fchraubenförmigen Seilwindungen, Geweben u. f. w., oder verwendet das weiter unten genannte Bekleidungsmittel. Sollen die vorhin genannten Stoffe als Einhüllung der Dampfrohre dienen, fo ift es zweckmäfsig, letztere zunächft mit Lehm zu überziehen, dem Häckfel, Kälberhaare oder ähnliche Stoffe zugefetzt find.

Die fog. Schlackenwolle verträgt alle vorkommenden Temperaturen; fie ift jedoch für die Rohrbekleidungen weniger beliebt, weil fie meiftens einer nochmaligen Hülle zu eigenem Schutze bedarf und weil fie zuweilen in wenig befriedigender Haltbarkeit geliefert worden ift.

Unter den mineralifchen Umhüllungsmitteln fcheint die Infuforienerde (Kiefelgur), welche mit einem paffenden Bindemittel angemacht ift, allen übrigen weit voranzuftehen. Die vorwiegend aus Kiefelgur hergeftellte Umhüllungsmaffe vermag in Bezug auf geringe Wärmeleitungsfähigkeit, bequeme Anwendbarkeit und Billigkeit den übrigen Bekleidungsmitteln mindeftens die Wage zu halten. Wenn der Ueberzug mit Sorgfalt ausgeführt und nachträglich mit einem geeigneten Oelfarbenanftrich verfehen wird, fo läfst der Ueberzug auch in Bezug auf gefälliges Ausfehen nichts zu wünfchen übrig.

Weitere Erörterungen über die Rohrhüllen dürften hier überflüffig fein, da Angebote verfchiedener Verfertiger folcher »Wärmefchutzmaffen« nicht fehlen. In Art. 171 (S. 145) find Angaben über die Wärmeleitung einiger Rohrbekleidungen zu finden.

d) Schieber, Hähne, Ventile u. f. w.

334. Wechfelhähne.

Ebenfo wie bei den Luftleitungen müffen bei den Waffer- und Dampfleitungen regelbare, die Bewegung hindernde Einrichtungen angebracht fein. Hierzu werden die auch für andere Zwecke gebräuchlichen Schieber, Droffelklappen, Hähne und Ventile verwendet, deren Befchreibung nicht an diefen Ort gehört.

Einige, den vorliegenden Leitungen eigentümliche derartige Einrichtungen follen jedoch kurz befchrieben werden.

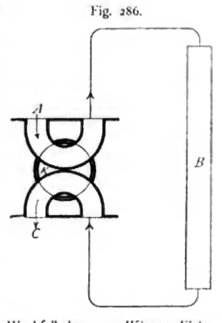
Hierher gehören zunächft die fog. Wechfelhähne. Die Verforgung der Wafferöfen *A*, *B* und *C* in Fig. 226, rechte Seite (S. 270), erfordert, dafs man zuweilen das Waffer durch den wärmeabgebenden Körper, zuweilen an ihm vorbei leitet. Auch die Dampfheizungen, namentlich folche, welche mit feitens einer Dampfmafchine bereits benutztem Dampf gefpeift werden, erfordern ähnliche Wechfelhähne, um den Dampf nach Bedarf durch die eine oder andere Leitung ftrömen zu laffen. Man kann das Geforderte durch mehrere Einzelhähne oder Ventile gewöhnlicher Einrichtung erreichen; offenbar wird es jedoch angenehmer fein, wenn

man durch Stellen nur eines Ventils oder Hahnes dasfelbe erreichen kann.

Zu diefem Ende finden ähnliche Anordnungen Verwendung, wie (in Art. 306, S. 259) für Luftleitungen befprochen wurden; fie find in ihren Teilen natürlich fo auszubilden, wie die hier vorliegenden Flüffigkeiten es erfordern.

Einen Wechfelhahn nach *Wiman-Klein*[216]) gibt Fig. 286 wieder.

Fig. 286.



Wechfelhahn von *Wiman-Klein.*

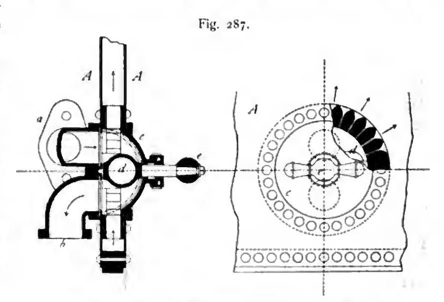
Die Aufgabe verlangt, dafs die in Frage kommende Flüffigkeit entweder von *A* aus den wärmeabgebenden Körper *B* durchftrömen und bei *C* abfliefsen, oder auf kürzeftem Wege von *A* nach *C* gelangen foll. Zu diefem Ende ift das Hahnküken *K* mit zwei bogenförmigen Kanälen verfehen, die, je nach der Stellung des Kükens, die Verlängerung von je zwei der vier Anfatzrohre des Hahngehäufes bilden. Bei 45 Grad Verdrehung des Hahnkükens (gegen die gezeichnete Stellung) find fämtliche Wege gefchloffen.

Will man die Flüffigkeit teils durch den wärmeabgebenden Körper, teils auf kürzeftem Wege durch den Hahn leiten, fo erhält das Küken *K* die Geftalt einer Platte.

Einen von mir für Warmwafferheizungen verwendeten Wechfelhahn verfinnlicht Fig. 287 in einem lotrechten Querfchnitt, einer teilweifen Vorderanficht und einem zu diefer parallel liegenden Schnitt.

A bezeichnet den Wafferofen, welcher aus Blechplatten, zwifchen deren Ränder Flacheifen genietet find, verfertigt ift. Zwifchen diefen Blechwänden, nahe dem unteren Ofenrande, ift der Wechfelhahn eingenietet. Er befteht aus den hinter dem Ofen liegenden Mündungsftücken *a* und *b*, dem eigentlichen Hahnkörper, deffen Deckel *c* und dem **U**-förmig gebogenen Rohr *d*, an welchem der Griff *e* befeftigt ift. Der eigentliche Hahnkörper ift ringsum mit Oeffnungen verfehen (die in der Abbildung etwas zu eng gezeichnet find), fo dafs fein Inneres mit dem Ofeninneren in freier Verbindung fteht. In der ausgezogenen Stellung des Rohres *d* fliefst das durch *a* eintretende Waffer durch den Hahnkörper nach oben, während das im unteren Teile des Ofens befindliche kältere Waffer, die untere Hälfte des Hahnkörpers durchftrömend, durch *b* in das Rücklaufrohr gelangt. Da das Rohr *d* in der vorliegenden Stellung den Hohlraum des Hahnkörpers in eine obere und eine untere Hälfte zerlegt, fo ift das Waffer gezwungen, zunächft in das Ofeninnere zu treten, bevor es in das Rücklaufrohr gelangen kann. Dreht man das Rohr *d* mit Hilfe des Griffes *e* um 90 Grad, fo vermittelt es einen kurzen Weg zwifchen dem Einftrömungsftutzen *a* und dem Rücklaufrohre *b* und verhindert das Waffer zugleich, in das Ofen-

Fig. 287.



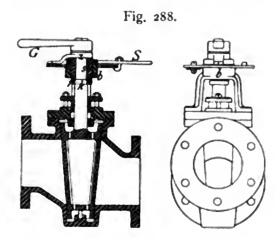
Wechfelhahn von *Hermann Fifcher.* — 1/5 w. Gr.

[216]) Siehe Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing 1871, S. 679; 1872, S. 745.

innere zu treten. Jede Zwifchenftellung des Rohres *d* fchickt einen Teil des Waffers in den Ofen, den anderen Teil fofort in das Rücklaufrohr. Die Verfchlüffe, welche das Rohr *d* hervorbringt, find nicht vollftändig dicht. Dies dürfte indeffen nicht gegen die Anordnung fprechen, da es, wenn die Heizung im Betriebe ift, erwünfcht fein mufs, dem betreffenden Ofen wenigftens fo viel Wärme zuzuführen, dafs das Gefrieren des Waffers unmöglich ift.

Die gebräuchlichen Ventile bilden Luftfäcke, verurfachen auch erhebliche Widerftände; andererfeits leiden die meiften Hähne an dem Uebelftande, dafs fie fchwer dicht zu halten find. *E. Kelling* hat deshalb — nach dem Vorgange *Mazeline*'s[217]) — für Wafferheizungen Hähne angefertigt, welchen beide Uebelftände fehlen[218]). Fig. 288 ftellt einen davon in lotrechtem Schnitt und in der Endanficht dar.

Fig. 288.



Man fieht zunächft aus dem Schnitt, dafs die an den Hahn fich fchliefsenden Rohre in verfchiedenen Höhen liegen, wodurch der den gewöhnlichen Hähnen eigene Uebelftand, einen Luftfack zu bilden, vermieden wird. Auf dem Zapfen des Hahnkükens *k* ift einerfeits der Bundring *p*, andererfeits die Warze *z* des Zeigers befeftigt; zwifchen ihnen liegt die Hohlfchraube *s* fo, dafs fie das Küken verfchiebt, fobald fie mittels des Hebels *S* gedreht wird. Das Muttergewinde der Schraube *s* ift in den Kopf des Bügels *b* gefchnitten.

Die Einrichtung wird wie folgt benutzt. Soll das Hahnküken gedreht, d. h. mit Hilfe des über einem Gradbogen fpielenden Zeigers *z* eingeftellt werden, fo dreht man zunächft den Hebel *S* links herum, um das Küken von feinem Sitze abzuheben. Nunmehr dreht man letzteres mittels des Hebels *G* in beabfichtigter Weife und drückt fodann das Küken, durch Rückdrehen des Hebels *S*, wieder feft in das Gehäufe. Selbft Hähne für $0{,}30^{m}$ weite Rohre find auf diefem Wege leicht einftellbar und doch dicht abfchliefsend zu machen.

Man kann mit dem Hahn, bezw. Ventil, welches den Eintritt des Dampfes in den Heizkörper regelt, ein Ventil verbinden, welches dem Niederfchlagwaffer Austritt gewährt, fo dafs das Einftellen des erfteren dasjenige des letzteren ohne weiteres nach fich zieht. Eine dementfprechende Einrichtung für einen Hahn ift in der unten verzeichneten Quelle[219]) befchrieben, eine folche für ein Ventil in der anderen[220]).

335.
Selbfttätige Druckregler.

Eine kurze Erörterung erfordern noch die felbfttätigen Dampfdruck-Reduktions- oder Minderungsventile oder fchlechtweg Druckregler. Sie haben den Zweck, in einer Leitung oder in einem Dampfofen die Dampffpannung nie über ein gewiffes Mafs fteigen zu laffen.

Ihre Wirkfamkeit wird entweder auf die Aenderung des hier in Frage kommenden Druckes oder auf die Aenderung des gröfseren, vor dem Regler vorhandenen Druckes begründet. Durch beide Erfcheinungen vermag man Ventile oder Schieber zu bewegen, welche die Durchftrömungsweiten entfprechend ändern und fomit den Druckunterfchied im gewünfchten Sinne regeln, nicht immer aber im gewünfchten Mafse.

Die Druckregler für Heizungen kommen nur in einzelnen Fällen in Frage,

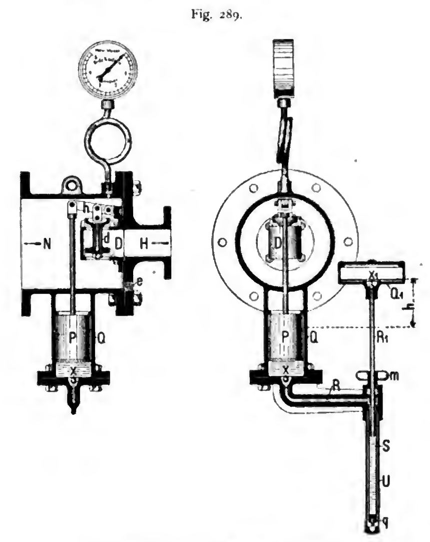
[217]) Siehe: Polyt. Journ., Bd. 193, S. 191.
[218]) Siehe: Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1883, S. 775.
[219]) Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1883, S. 777.
[220]) Gefundh.-Ing. 1881, S. 357.

weshalb ich mich mit der Befchreibung eines, allerdings recht guten, Druckreglers begnüge, wegen der allgemeinen Grundfätze aber auf die unten verzeichnete Stelle[221]) verweife.

Fig. 289 zeigt zwei lotrechte Schnitte des neueften *Kaeferle*'fchen Druckreglers (Dampfdruckminderer genannt).

Der höher gefpannte Dampf tritt in *H* ein; der Dampf geringerer Spannung ftrömt durch *N* ab. Zwifchen *H* und *N* befindet fich das ganz entlaftete, droffelnde, gut geführte Doppelfitzventil *D*, deffen Doppelkegel *d* am Hebel *h* hängt. Dem letzteren ift, mittels einer Stange, der

Fig. 289.

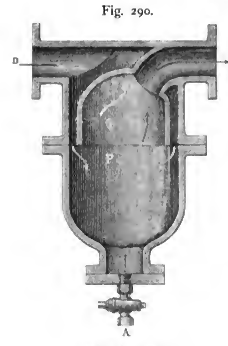


Druckregler von *Fr. Kaeferle* zu Hannover.

Schwimmer *P* angelenkt, der in das Queckfilbergefäfs *Q* taucht. Wird der Druck in *N* gröfser, als er fein foll, fo drückt er das Queckfilber durch die Rohre *R*, *S* und R_1 in das weite Gefäfs Q_1, und *P* finkt, um mit Hilfe des Hebels *h* den Ventilkegel *d* zu fenken, alfo den Dampfdurchflufs entfprechend zu verkleinern; umgekehrt fliefst bei zu geringem Druck in *N* Queckfilber aus Q_1 in *Q*, hebt den Schwimmer und öffnet das Ventil mehr. Der Ueberdruck in *N* entfpricht dem Abftande *h* der beiden Queckfilberfpiegel und kann durch Verfchieben des Rohres R_1 in *S* eingeftellt werden. Mit Hilfe von *m* wird das Rohr R_1 feftgeklemmt. Nimmt man das Schutzrohr *U* hinweg, fo kann man die Verfchlufsfchraube *q* befeitigen, um alles Queckfilber abfliefsen zu laffen. In *e* fteckt eine Verfchlufsfchraube, die zum Entwäffern des Raumes *N* dient. Der Regler arbeitet vorzüglich.

221) Siehe: Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1883, S. 241, 315.

Fig. 290.



Wafferabfcheider.

336. Dampftrockner.

Manchenorts wird grofser Wert auf das Einfchalten fog. **Dampftrockner** oder **Wafferabfcheider** gelegt, welche durch fcharfes Ablenken des Stromes veranlaffen, dafs das fchwerere Waffer vom leichteren Dampf abgefchleudert wird. Fig. 290 zeigt einen folchen Dampftrockner im Schnitt.

Bei *D* tritt der Dampf ein; er wird durch die Glocke *G* nach unten gelenkt. Während nun das fchwerere Waffer den geraden Weg nach unten fortfetzt und in das Gefäfs *P* fällt, wird der leichtere Dampf unter dem Glockenrande hinweg nach oben abgelenkt. Bei *R* entweicht der entwäfferte Dampf in die Leitung. Der Hahn *A* fteht mit einem Selbftleerer in Verbindung.

So bedeutfam auch diefe Dampftrockner für folche Leitungen find, welche Dampfmafchinen verforgen, fo wenig Wert haben fie für Heizungsleitungen, da in diefen fortwährend Waffer fich niederfchlägt, fie alfo geeignet eingerichtet fein müffen, um das Waffer auf gewöhnlichem Wege fortzufchaffen. Einige Quellenangaben werden daher auch hier genügen[222]).

12. Kapitel.

Erwärmen der Luft.

a) Brennftoffe.

337. Stoffe.

Die den vorliegenden Zwecken dienenden Brennftoffe entftammen (vielleicht mit Ausnahme des Erdöls) der Holzfafer. Torf enthält die Holzfafer wenig verändert; Braunkohle und Steinkohle find Erzeugniffe der natürlichen Verkohlung; Holzkohle und Koke einerfeits, Leuchtgas und fog. Waffergas andererfeits entftammen der künftlichen Verkohlung. Bis jetzt find von hervorragender Bedeutung nur die Steinkohle und die Koke, während die übrigen genannten Brennftoffe geringere Verwendung finden; letztere follen daher, foweit ihre mittlere Zufammenfetzung, ihr Wärmeentwickelungsvermögen und ihre Rauchzufammenfetzung in Frage kommen, in der auf S. 305 folgenden Tabelle berückfichtigt werden, während erftere aufserdem näher befprochen werden mögen.

Die fog. präparierte Kohle, welche aus Holzkohlenklein, Kalifalpeter und einem Bindemittel zufammengefetzt und in Ziegelform namentlich zur Heizung der Eifenbahnwagen dient, die fog. Steinkohlenziegel oder -Briketts, Prefstorf, Lohkuchen und andere Brennftoffe, welche nur in Sonderfällen Verwendung finden, follen hier übergangen werden.

338. Wärmeentwickelung.

Die Steinkohle befteht aus Kohlenftoff, Wafferftoff, Sauerftoff, Schwefel, Waffer und verfchiedenen unverbrennlichen Körpern, welche als Afche, bezw. Schlacke nach der Verbrennung der Kohle zurückbleiben. Durch Verbindung von 1 kg Kohlenftoff mit $\frac{16}{12}$ kg Sauerftoff entfteht Kohlenoxyd und werden ∾ 2470 Wärme-

[222]) *Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing.* 1864, S. 87; 1874, S. 199; 1886, S. 591. — *Engng.*, Bd. 5, S. 122. — *Revue induftr.*, Jahrg. 14, S. 136. — D. R.-P. Nr. 11 712, 33 237.

einheiten entwickelt. Verbindet fich dagegen 1 kg Kohlenftoff mit $\frac{2 \cdot 16}{12}$ kg Sauerftoff zu dem im gewöhnlichen Leben »Kohlenfäure« genannten Gafe, fo werden ∾ 8080 Wärmeeinheiten frei. 1 kg Wafferftoff verbindet fich mit $\frac{16}{2}$ kg Sauerftoff zu Wafferdampf, bei welchem Vorgange ∾ 29 060 Wärmeeinheiten entbunden werden. Die Wärmeentwickelung bei Verbrennung des Sumpfgafes (CH_4) ift 11 713, des ölbildenden Gafes (C_2H_4) ift 11087 und des Butylen (C_4H_8) ift 10840 Wärmeeinheiten. Der im Brennftoff enthaltene Sauerftoff vermag bei der Verbrennung keine Wärme zu entwickeln, da letzterer zur Verbrennung der anderen Stoffe benutzt wird.

Die Steinkohle enthält durchfchnittlich 1 bis 2 Vomhundert Schwefel; die Geringfügigkeit der durch diefen gelieferten Wärme geftattet, dafs man den Schwefel bei Berechnung der Wärmeentwickelung vernachläffigt.

Das der Kohle anhaftende Waffer vermindert die bei der Verbrennung freiwerdende Wärmemenge, indem es in Dampf verwandelt wird und hierzu für 1 kg Waffer etwa 650 Wärmeeinheiten erforderlich find.

Die Afchenteile find für die Wärmemenge, welche eine Feuerung zu entwickeln vermag, nur mittelbar von Bedeutung, indem fie erwärmt werden müffen, demnach einen gewiffen Teil der entbundenen Wärme verbrauchen und den Verbrennungsvorgang zu ftören vermögen.

339. Verbrennungsvorgang.

Bei Erhitzung der Steinkohle entweicht der Wafferftoffgehalt und ein Teil des Kohlenftoffes in Form von Kohlenwafferftoffen, während der Reft des Kohlenftoffes als Koke zurückbleibt. Findet die Erhitzung unter Zutritt atmofphärifcher Luft, alfo deren Sauerftoff ftatt, fo ift der Vorgang nur infofern ein anderer, als die Kohlenwafferftoffe vorwiegend, und zwar mit lebhafter Flamme, verbrennen und nur in geringem Mafse der wafferftofffreie Reft der Kohle; nach vollzogener Verkokung verbrennt die Koke mit kurzer Flamme.

Während der Verkokung fchmilzt die Kohle mehr oder weniger und bildet eine zähe Maffe, die, nachdem fämtlicher Wafferftoff ausgetrieben ift, die porige Koke bildet.

Der wechfelnde Verbrennungsvorgang und namentlich das teilweife Schmelzen, das fog. »Backen« der Steinkohle erfchwert die Regelung des Feuers aufserordentlich, weshalb vielfach folche Kohlen vorgezogen werden, welche nur in geringem Mafse oder gar nicht backen, ja häufig die teuerere, in befonderen Werken verfertigte Koke verwendet wird.

Bezeichnet man mit C den Kohlenftoffgehalt, mit H den Wafferftoffgehalt, mit H_2O den Gehalt an chemifch gebundenem Waffer, mit W den Gehalt an hygrofkopifchem Waffer, mit A den Afchengehalt des Brennftoffes und ebenfo mit CH_4, C_2H_4, C_4H_8, CO, CO_2 und N den Gehalt gasförmiger Brennftoffe an den diefe Zeichen führenden Gafen, fo gewinnt man infolge vollkommener Verbrennung aus 1 kg des betreffenden Brennftoffes die in nebenftehender Tabelle unter E genannten Wärmemengen. Die Verbrennung erfordert die unter $\mathfrak{L}$ verzeichneten Luftmengen und erzeugt die unter A_c gegebenen Kohlenfäuremengen, die unter A_q genannte Wafferdampfmenge, fo dafs, unter Berückfichtigung des Stickftoffgehaltes der benutzten atmofphärifchen Luft, der unter $\mathfrak{N}$ genannt ift, das unter G gegebene Gewicht an Rauch entfteht. Wie weiter unten näher erörtert werden wird, ift es im allgemeinen notwendig, dem Brennftoff mehr Luft zuzuführen als die Rechnung ergibt. Deshalb find die Reihen für G fowohl als auch die Reihen für δ (Dichte

	C	H	H_2O	W	A	CH_4	C_2H_4	C_4H_8	CO	CO_2	N	E	$\mathfrak{L}$	A_c	A_q	$\mathfrak{R}$	Einfache Luftmenge			Doppelte Luftmenge		
																	G	$\mathfrak{d}$	c	G	$\mathfrak{d}$	c
Lufttrockenes Holz	0,39	—	0,40	0,195	0,015	—	—	—	—	—	—	2731	4,52	1,43	0,60	3,46	5,50	1,008	0,266	10,02	1,002	0,254
Lufttrockener Torf	0,35	0,01	0,29	0,25	0,10	—	—	—	—	—	—	2743	4,41	1,28	0,62	3,40	5,31	0,993	0,268	9,72	0,926	0,256
Lufttrockene Braunkohle	0,50	0,015	0,203	0,20	0,08	—	—	—	—	—	—	4176	6,32	1,53	0,54	4,87	7,26	1,023	0,256	13,56	1,012	0,250
Steinkohle	0,80	0,04	0,09	0,03	0,04	—	—	—	—	—	—	7483	10,67	2,03	0,48	8,22	11,63	1,043	0,250	22,30	1,022	0,245
Holzkohle	0,85	0,01	0,03	0,06	0,05	—	—	—	—	—	—	7034	10,20	3,12	0,19	7,85	11,15	1,071	0,244	21,35	1,026	0,242
Koke	0,87	0,005	0,015	0,05	0,06	—	—	—	—	—	—	7065	10,26	3,19	0,11	7,90	11,20	1,077	0,242	21,46	1,029	0,241
Rohes Erdöl	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—	10000	—	—	—	—	—	—	—	—	—	—
Steinkohlen-Leuchtgas	—	0,05	—	—	—	0,54	0,10	0,08	0,15	—	0,08	10113	14,19	2,39	1,90	11,00	15,19	0,957	0,270	—	—	—
Waffergas	—	0,053	—	—	—	0,115	0,019	—	0,701	0,056	0,053	4780	5,62	1,65	1,02	4,33	7,10	0,986	0,254	—	—	—

des Rauches, bezogen auf atmofphärifche Luft) und c (Wärmemenge, die 1 kg Rauch bei 1 Grad Abkühlung abgibt) zweimal aufgeführt, und zwar einmal für die Annahme, dafs die Verbrennung nur mit derjenigen Luftmenge erfolgt, deren Sauerftoffgehalt zur Verbrennung genügt, ferner für die Annahme, dafs das Doppelte der foeben genannten Luftmenge dem Feuer zugeführt wird. Die Zahlen der Tabelle find meiftens dem Werke *Grashof*'s[223]) entnommen.

340.
Zuzuführende Luftmenge.

Die atmofphärifche Luft enthält, wenn man von den geringen Beimifchungen an Kohlenfäure, Wafferdampf und anderen Gafen abfieht, etwa 0,24 Gewichtsteile Sauerftoff und 0,76 Gewichtsteile Stickftoff. So oft die Brennftoffe einen Teil Sauerftoff auffuchen, ftehen ihnen fonach 3 Teile Stickftoff gleichfam im Wege. Deshalb gelingt es nur fchwer, felbft bei gasförmigen Brennftoffen, fämtlichen Sauerftoff zur Verbrennung zu bringen, während bei feften Brennftoffen eine vollftändige Benutzung des in Form atmofphärifcher Luft zugeführten Sauerftoffes unmöglich fein dürfte. Man kann bei gefchickrefter Anordnung der Feuerung und Bedienung des Feuers die zugeführte Luft nicht fo verteilen, dafs fie an jede Stelle in richtiger Menge hingelangt; die Brennftoffftücke, die Afchen- und Schlackenteile und — bei backenden Kohlen — die entftehende breiartige Maffe ftehen einem Austaufche vielfach hemmend entgegen. Um daher den Brennftoff vollftändig in Kohlenfäure, bezw. Wafferdampf zu verwandeln, mufs man faft immer einen Ueberfchufs an Luft gewähren, damit überall mindeftens genug Sauerftoff vorhanden ift.

Ein folcher Luftüberfchufs beeinträchtigt aber die Leiftungsfähigkeit der Feuerung in nicht unbedeutender Weife. Nach umftehender Tabelle erzeugt 1 kg Steinkohle im Mittel 11,63 kg Rauchgafe, wenn einfache Luftzufuhr ftattfindet. Nimmt man nun an, dafs der Rauch mit 120 Grad in den Schornftein tritt, fo führt er $11{,}63 \cdot 0{,}25 \cdot 120 = 348{,}9$ Wärmeeinheiten unbenutzt fort. Die doppelte Luftmenge bringt dagegen unter denfelben Umftänden einen Wärmeverluft von $22{,}3 \cdot 0{,}245 \cdot 120 = 655{,}6$ Wärmeeinheiten hervor, fo dafs von der entwickelten Wärme, die zu 7483 angegeben war, nur $7483 - 656 = 6827$ Wärmeeinheiten übrig bleiben. Mangelhaft bediente und ebenfo eingerichtete Feuerungen arbeiten oft mit der 5-, ja 10fachen Luftmenge und haben alsdann, namentlich wenn die Rauchtemperatur eine hohe ift, nur eine fehr geringe Nutzleiftung. So ift es denn erklärlich, warum die Koke, deren Wärmeentwickelung nach unferer Zufammenftellung geringer ift als diejenige der Steinkohle, welche aber durchfchnittlich 20 Vomhundert teuerer ift als letztere, wegen ihrer regelmäfsigeren Verbrennung, alfo leichteren Bedienung, oft für eine und diefelbe Geldfumme mehr Wärme liefert als die Steinkohle, ja, dafs die Gafe, die erft mit Mühe und unter Aufwand von Koften verfertigt werden müffen, eine verlangte Wärmemenge billiger zu liefern vermögen als die Rohftoffe, aus denen fie gewonnen wurden.

Ausführliches über diefen Gegenftand findet man in den unten genannten Quellen[224]).

Durch forgfältige vergleichende Verfuche mit verfchiedenen Brennftoffen in verfchiedenen Feuerftellen[225]), welche am zweckmäfsigften durch ftaatlich unterhaltene Verfuchsanftalten ausgeführt werden, dürften allmählich die jetzt noch vielfach auseinandergehenden Meinungen aufgeklärt und die z. Z. ftattfindenden Brennftoffvergeudungen vermindert werden.

---

223) Theoretifche Mafchinenlehre. Bd. I. Leipzig 1875. S. 902 ff.

224) Fischer, F. Die chemifche Technologie der Brennftoffe. Braunfchweig 1880–87. — Fischer, F. Chemifche Technologie. Leipzig 1886. S. 991. — Krücker, R. Die Lehre von den Brennmaterialien etc. Jena 1883.

225) Vergl.: Polyt. Journ., Bd. 232, S. 237 u. 336; Bd. 233, S. 133 u. 343; Bd. 236, S. 396.

b) Feuerftellen.

341. Allgemeines.

Unter diefer Bezeichnung fafst man die Einrichtungen zufammen, welche zum Verbrennen der Brennftoffe zum Zweck der Wärmeentwickelung dienen. Sie find fo anzuordnen, dafs den einzelnen Teilen des Brennftoffes die genügende Sauerftoffmenge zugeführt wird, dafs der Ueberfchufs an Sauerftoff, bezw. Luft nicht zu grofs wird, dafs die Verbrennung überhaupt ftattfindet und dafs der verbrauchte Brennftoff bequem erfetzt werden kann.

Zur Verbindung des Kohlenftoffes, der Kohlenwafferftoffe und des Wafferftoffes mit dem Sauerftoff der Luft find gewiffe Temperaturen erforderlich; fie werden hervorgebracht durch das Entzündungsmittel und erhalten durch die bei der Verbindung freiwerdende Wärme. Diefe Wärme hat den Brennftoff auf die nötige Temperatur zu bringen.

Je gröfser daher die Wärmemenge ift, welche zum Erwärmen der Raumeinheit des Brennftoffes um 1 Grad erforderlich ift, je gröfser die Wärmeleitungsfähigkeit des Brennftoffes ift, ein umfo gröfserer Teil der freiwerdenden Wärme wird für diefen Zweck verwendet; umfo fchwieriger find Entzünden und Erhalten des Feuers.

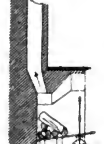
Die genannte Wärme wird ferner teilweife verbraucht, um die Temperatur der atmofphärifchen Luft, d. h. ihres Sauerftoffes und Stickftoffes, in genügendem Mafse zu erhöhen. Je gröfser die zugeführte Luftmenge ift, umfo gröfser wird der hierauf entfallende Wärmeverluft.

Endlich wird ein Teil der freigewordenen Wärme an die Umgebung, teils durch Leitung, teils durch Strahlung, abgegeben und zum Verdunften des etwa anhaftenden Waffers verbraucht. Diefe Verluftquellen können zufammengenommen fo grofs werden, dafs die für das Verbrennen erforderliche Temperatur nicht mehr erzielt wird; alsdann erfolgt das Verlöfchen.

Man mufs daher, dem Brennftoff angemeffen, die Feuerftelle fo einrichten, dafs die Verlufte an Wärme entfprechend gering ausfallen.

Von den feften Brennftoffen verlangen in diefer Hinficht die geringfte Sorgfalt: der Torf, das Holz und die Braunkohle. Sie verbrennen meiftens ohne befondere Schutzmittel gegen Wärmeverlufte an freier Luft. Holz und Torf kann man daher ohne andere Hilfsmittel als die Stützfläche, auf welcher fie ruhen, verbrennen. Von der entbundenen Wärme ift alsdann aber nur die durch Strahlung der Flamme und des heifs gewordenen Brennftoffes abgegebene zu benutzen; die Rauchgafe werden durch die in Menge zuftrömende Luft fo abgekühlt, dafs fie oft nicht einmal im ftande find, fich genügend rafch aus der Nähe des Feuers zu entfernen.

Fig. 291.



Kamin für Holzfeuerung.

342. Offene Feuerftellen und Kamine.

Die offene Feuerftelle ift daher, felbft für die leicht brennbaren, feften Stoffe, nur in Ausnahmefällen verwendbar.

Die halb offene Feuerftelle oder der fog. Kamin (die *Cheminée*) fchützt, je nach der Einrichtung, mehr oder weniger gegen übergrofse Wärmeverlufte.

Fig. 291 ift ein lotrechter Schnitt eines Kamins für Holzfeuerung.

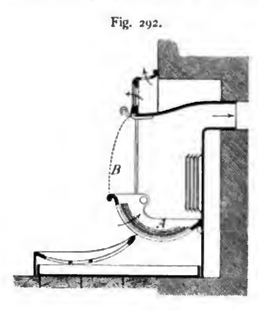
Auf einen Bock werden eiferne Stäbe, fog. Spiefse, gelegt, welche zur Stütze der Holzfcheite dienen und namentlich ermöglichen, letztere fo locker

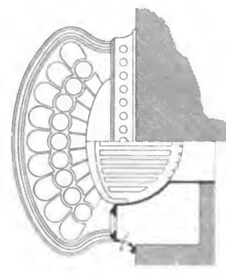
aufeinander zu schichten, dafs die Luft bequem in die Zwischenräume gelangen kann. Der gebildete Rauch entweicht in den Schornstein, dessen untere Mündung so liegt, dafs zunächst der Rauch in sie tritt und die in der Nähe befindliche Luft nur insoweit, als Raum übrig bleibt. Um den Rauch nicht zu sehr abkühlen, d. h. möglichst wenig abkühlende Luft in den Schornstein gelangen zu lassen, mufs die untere Schornsteinmündung auf die zulässig kleinste Weite beschränkt werden.

Vorteilhafter ist der Kamin, welchen Fig. 292 darstellt.

Hier wird der Brennstoff (Holz, Torf, Braunkohle, auch leicht entzündliche Steinkohle) in den Korb A gelegt, so dafs die Verbrennungsluft vorwiegend durch die Spielräume der den Korb bildenden eisernen Stäbe strömen mufs. Um den Luftzutritt über dem Feuer zu beschränken, ist ein abnehmbares Metallsieb B angebracht. Hierdurch ist die Möglichkeit gegeben, einen Teil der freigewordenen Wärme an die aus Gufseisen hergestellten Einschliefsungsflächen des Feuers und Rauches abzugeben, welche die sie bespülende Luft erwärmen und hierdurch zur Erwärmung des betreffenden Zimmers beitragen.

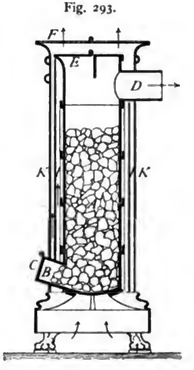
Fig. 292.





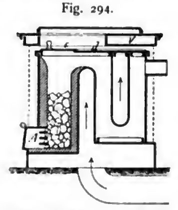
Kamin. — 1/10 w. Gr.

Fig. 293.



Meidinger-Ofen. — 1/20 w. Gr.

Fig. 294.



Irischer Ofen. — 1/20 w. Gr.

Bei näherer Betrachtung des vorliegenden Kamins findet man, dafs die Wärmeabgabe der Einschliefsungsflächen der Feuerstelle an die Luft notwendig ist, um gleiche Wärmemengen, wie der vorhin besprochene Kamin an die Luft abgibt, in das betreffende Zimmer gelangen zu lassen. Der Korb, in welchem der Brennstoff rastet, wie auch das Sieb B hemmen die Ausstrahlung der Wärme und verringern hierdurch diejenige Wärmemenge, welche auf geradestem Wege in das Zimmer gelangt. Die Stäbe des Korbes sowohl als auch die Maschen des Drahtsiebes werden dementsprechend erwärmt; sie geben die aufgenommene Wärme zum grofsen Teil an die sie durchströmende Luft ab und mindern hierdurch die Abkühlung des Feuers, welche die Folge der Berührung mit

der ihm zugeführten Luft ift. Damit wird ohne weiteres der Weg gezeigt, auf welchem man der Verbrennungsluft die zur Verbindung ihres Sauerftoffes mit den Brennftoffen nötige Temperatur zu geben vermag.

343. Feuerftellen des *Meidinger-* und des irifchen Ofens.

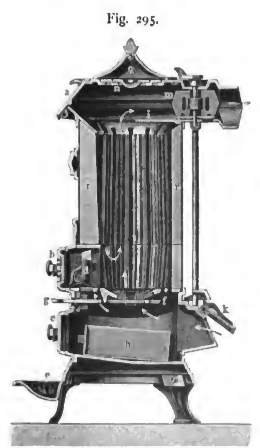
In fehr einfacher Weife gefchieht dies in der Feuerftelle des *Meidinger*-Ofens (Fig. 293).

Der fchachtförmige Brennftoffbehälter *A* ift unten mittels eines Bodens gefchloffen und über dem letzteren mit dem Halfe *B* verfehen, der durch die winkelrecht zur Bildfläche verfchiebbare Tür *C* nach Bedarf verfchloffen, bezw. freigelegt werden kann. Die Luft ftrömt durch den Spalt, welchen *C* feitlich freiläfst, trifft zunächft auf die noch warme Afche und macht deren Wärme auf diefem Wege nutzbar.

Die vorliegende Feuerftelle verdient zunächft noch Beachtung in Bezug auf die Regelbarkeit der zuftrömenden Luftmengen, vermöge der verfchiebbaren Tür *C*, welche ein bequemes Mittel zur Regelung der Wärmeentwickelung bietet.

Soll der Ofen für Steinkohle benutzt werden, fo füllt man ihn bis kurz unter das Rauchabzugsrohr, wobei — durch Abfichten — dafür geforgt wird, dafs die Kohle fowohl von gröberen Stücken als auch von Grus frei ift. Dann legt man Holzfplitter auf die Füllung und zündet erftere an. Der Rauch des brennenden Holzes gelangt auf kürzeftem Wege in den Schornftein, führt diefem alfo fofort Wärme zu. Durch die vom Holz entwickelte Hitze wird die unmittelbar getroffene Kohle entgaft und das Gas verbrannt. So fchreitet das Feuer von oben nach unten fort, Koke zurücklaffend, bis es bei *B* angelangt ift und hier bleibt, da die Koke allmählich nachrutfcht. Nach Bedarf kann dann Koke nachgefchüttet werden. Der Rauch mufs demnach die ganze Kokefchicht durchftreichen, um zum Rauchabzugsrohr zu gelangen, und erfährt hierbei ftark wechfelnde Widerftände.

Fig. 295.



»Germane« von *Oskar Winter* zu Hannover.

Die Feuerung des »irifchen Ofens« unterfcheidet fich von derjenigen des *Meidinger*-Ofens nur durch den aufrechten, türartig auszuklappenden Roft *A* (Fig. 294) und die Ausmauerung des Feuerfchachtes. *c* ift der Deckel der Befchickungsöffnung, und *V* bezeichnet eine Wafferfchale für die Luftanfeuchtung.

Der Ofen »Germane« von *Oskar Winter* in Hannover macht den Uebelftand, dafs der Rauch in der hohen Brennftofffchicht grofsen und fehr ftark wechfelnden Widerftand findet, weniger fühlbar. Fig. 295 zeigt eine Ausführungsform in lotrechtem Schnitt.

Der eiferne Schacht des Ofens ift mit längsgefchlitzten Steinen *r* ausgefüttert, fo dafs der Rauch durch diefe Schlitze nach oben ftrömen kann. Die gleichzeitig vom Afchenraum auffteigende Luft foll auch zum Verbrennen von etwa auftretendem Kohlenoxyd dienen. Der Ofen wird für Koke und Steinkohle verwendet.

Bemerkenswert find folgende Einzelheiten des Ofens, die gleich an diefer Stelle erledigt werden mögen. *d* ift ein türartig zu öffnender Roft, welcher eine Böfchungsbildung des Brennftoffes verhütet. Die Schürtür *b* und die Afchenfalltür *c* find dicht verfchloffen, weshalb die Verbrennungsluft nur durch die Oeffnung der Klappe *k* zugelaffen werden kann. Diefe Klappe wird durch eine lotrechte Welle bewegt, die über dem Ofen mit einer Handhabe verfehen ift. An diefer Welle fitzt die Droffelklappe *m* und dicht unter diefer eine

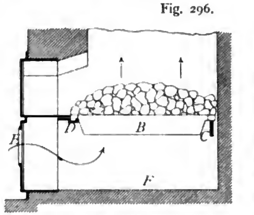
Scheibe, welche für gewöhnlich eine in der unteren Wandfläche des Rauchrohres befindliche Oeffnung verſchloſſen hält, aber mit einer Oeffnung verſehen iſt, welche — nach geeignetem Drehen der ſtehenden Welle — auf die vorhin genannte Oeffnung tritt und Zimmerluft in den Rauchabzug treten läſst. Die mit der Welle verbundenen drei Steuerteile ſind ſo angeordnet, daſs bei ganz geöffneter Klappe *k* auch die Droſſelklappe *m* ganz geöffnet, dagegen die am Abzugsrohr befindliche Luftöffnung geſchloſſen iſt. Mit *k* wird *m* allmählich geſchloſſen, dagegen die zuletzt genannte Luftöffnung freigelegt. Durch dieſe Einrichtung iſt die Bedienung des Ofens weſentlich erleichtert. Der den Feuerraum unten abſchlieſsende Roſt iſt tellerartig. Er beſitzt in ſeiner Mitte ein gröſseres Loch, welches durch die bewegliche Platte *fg* geſchloſſen iſt. Schwingt man *g* hin und her, ſo wird der Brennſtoff ſo bewegt, daſs die Aſche nach unten fällt. *a* bezeichnet die Beſchickungstür.

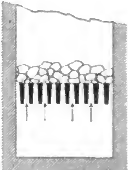
Gröſsere Brennſtoffmengen vermag man in ſolchen Feuerſtellen nur ſchwierig zu verbrennen, indem der Widerſtand, den die gebildeten Rauchgaſe innerhalb der Brennſtoffſchicht finden, mit deren Höhe wächſt, auch innerhalb der Wege, welche die Luft zu benutzen vermag, ſehr verſchieden iſt.

344. Roſte.

Einen weit gleichmäſsigeren Widerſtand, alſo auch eine entſprechend gleichmäſsigere Verteilung der Luft gewinnt man, indem man den Brennſtoff auf eine wagrechte Platte verteilt, welche mit zahlreichen Oeffnungen für den Eintritt der Luft verſehen iſt. Dieſe Platte wird zuweilen als ein zuſammenhängendes Stück hergeſtellt, zuweilen durch Zuſammenlegen einzelner Stäbe, deren Zwiſchenräume für die Luftzuführung dienen, gebildet. Fig. 296 läſst die letztgenannte Anordnung im Längen- und Querſchnitt erkennen. Die Brennſtoffſchicht ruht auf den einzelnen Stäben, welche mit *B* bezeichnet ſind. Letztere werden durch einen Querbalken *C* und eine Leiſte *D* getragen; ihre Spielräume werden durch Verdickungen an den Köpfen der Stäbe beſtimmt. Die Luft beſpült die Stäbe längs einer groſsen Fläche, weshalb die Luftvorwärmung ſehr gut gelingt. Da das Erwärmen der Luft von der Höhe der einzelnen Stäbe abhängig iſt, ſo müſſen letztere überall gleich hoch ſein, alſo eine Geſtalt erhalten, welche Fig. 296 wiedergibt, nicht eine ſolche, welche an einen Träger erinnert. Auch iſt die Höhe der Stäbe von der in der Zeiteinheit durch die Spalte ſtrömenden Luftmenge abhängig, keineswegs aber von der Länge der Stäbe. Richtiger iſt, die Stabhöhe in ein beſtimmtes Verhältnis zur Stabdicke zu ſetzen. Da eine groſse Stabhöhe nur durch das Raumerfordernis ſchadet, ſo iſt es zweckmäſsig, ſie immer der kleineren Stabhöhe vorzuziehen und ſelbſt bei dünnen Stäben (5 mm) nicht unter 40 mm zu wählen [226].

Fig. 296.





Feuerſtelle mit Planroſt. — $^1/_{10}$ w. Gr.

Infolge der Wärmeabgabe, welche zwiſchen den Flächen der Stäbe und der Luft ſtattfindet, werden die Stäbe ſelbſt gekühlt, was für ihre Erhaltung von groſsem Werte iſt. Feuerſtellen, in denen eine hohe Temperatur herrſcht, welche alſo im allgemeinen als ſehr gute bezeichnet werden müſſen, führen den Stäben jedoch oft eine ſo groſse Wärmemenge zu, daſs dieſe nur eine geringe Dauer haben. Man drückt alsdann die Temperatur des Feuers durch Waſſerdampf herab, welcher in

[226]) Vergl.: MEIDINGER. Ueber Feuerungsroſte. Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ing. 1872, S. 213.

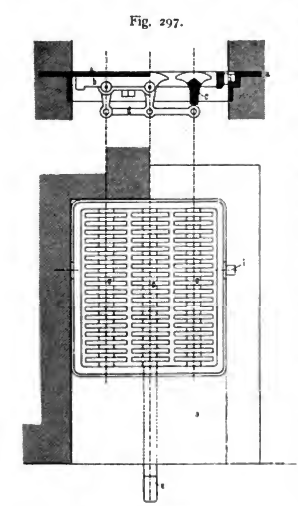
einem unter der Feuerftelle angebrachten Wafferbehälter, einer die Sohle des Afchenfalles *F* (Fig. 296) bildenden, mit Waffer gefüllten Vertiefung entwickelt wird. Der Wafferdampf wird bei Berührung mit der glühenden Kohle in Wafferftoff und Sauerftoff zerlegt, wodurch eine entfprechende Wärmemenge gebunden wird. Der Wafferftoff verbrennt demnächft wieder zu Wafferdampf, fo dafs nur durch die Verdunftung des Waffers ein Wärmeverluft ftattfindet.

345. Schüren, Reinigen der Rofte

Die Brennftoffftücke und die gebildete Afche verdecken die Spalte teilweife; letztere klemmt fich fogar in die Spalte. Daher ift der Querfchnitt, welcher der Luft freiliegt, ein überaus wechfelnder, je nachdem die Brennftoffftücke geftaltet find, je nachdem diefe unmittelbar auf den fie tragenden Stäben ruhen oder eine Afchenfchicht fie von diefen trennt, je nachdem endlich die Spalte freigehalten werden. Man mufs daher durch häufiges »Schüren« den Zuftand gleichmäfsig zu erhalten fuchen; man reinigt insbefondere die Spalte durch rechenartige Geräte; man bewegt die Stäbe durch befondere Mechanismen[227]).

Der *Oskar Winter*'fche »Germane« (Fig. 295), welcher in Art. 343 (S. 309) befchrieben wurde, bietet im vorliegenden Sinne ein Beifpiel. In anderer Weife vermittelt *Mc Clave*'s Roft[228]) die Afchenabfonderung. Fig. 297 zeigt diefen Roft in zwei halben Querfchnitten und in zwei halben Grundriffen. Die viereckige Roftplatte *a* enthält in einer Durchbrechung den Rahmen *b*, in welchem die drei eigenartigen Roftftäbe *c* drehbar gelagert find. Der vordere Zapfen *e* des mittleren Roftftabes ift fo lang, dafs er die Roftplatte überragt, und ift hier vierkantig, fo dafs man einen Hebel auffecken kann, um den Roftftab in feinen Lagern hin und her zu drehen. Der mittlere Roftftab ift aber mit den feitlich liegenden mittels der Stange *d* gekuppelt, weshalb die letzteren ebenfo fchwingen müffen wie der mittlere Roftftab. So wird die Afche befeitigt. Um auch gröfsere Schlackenftücke und Steine nach unten befördern zu können, ift der Roft mit feinem Rahmen *b* vorn niederzukippen. Der Rahmen *b* ift zu diefem Ende mit zwei Zapfen *i* verfehen, die in Ausfparungen der Roftplatte *a* fich zu drehen vermögen. Für gewöhnlich hängt der lange Zapfen *e* vermöge eines Ueberwurfes unter der Platte *a*, wodurch der Rahmen am eigenmächtigen Kippen gehindert wird.

Fig. 297.



Mc Clave's Schüttelroft.

Nicht weniger einflufsreich wie die Reinheit des Roftes ift die Art und Höhe der Brennftofffchicht, da von diefer die Widerftände abhängen, welche die Luft in ihr findet, alfo die Luftmenge, welche einftrömt.

346. Mafsangaben

Wegen der vielfältigen, einzeln nicht wohl verfolgbaren Einflüffe ift es unmöglich, die zweckmäfsigften Mafse für derartige Feuerftellen anzugeben; deshalb folgen hier die gebräuchlichen Angaben, welche Mittelwerten entfprechen. Das genauere Regeln des Luftzutrittes kann nur durch

227) Vergl.: Polyt Journ., Bd. 229, S. 128, 226; Bd. 230, S. 453; Bd. 232, S. 106; Bd. 233, S. 180, 265, 353, 437.
228) Amer. Patent vom 20. Febr. 1883. — Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1893, S. 1451.

Klappen oder Schieber erfolgen, welche z. B. in der Tür *E* (Fig. 296) angebracht find, und zwar auf Grund von Unterfuchungen der entftehenden Rauchgafe[229]).

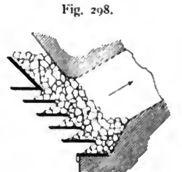
Benennung des Brennftoffes	Höhe der Brennftofffchicht	Dicke der Brennftoff-ftücke	Verbrennt ftündlich auf 1 qm Roftfläche	Widerftand der Luft-bewegung im Feuer für 1 qm Querfchnittsfläche
Weichholz . . .	20	3	180 bis 250	1 bis 1,4
Hartholz	20	3	150 » 200	0,9 » 1,2
Torf	18	—	70 » 120	0,9 » 1,2
Steinkohle . . .	10	1 bis 2	60 » 110	3 » 8
Anthrazit	10 bis 15	1 » 2	60 » 130	2 » 5
Koke	15 » 25	—	60 » 130	2 » 6
	Centimeter		Kilogramm	

Die hier angegebenen Widerftände bilden einen Teil der durch den Auftrieb des Rauchfchornfteines zu überwindenden; der zweite Teil befteht aus den in den Rauchwegen auftretenden Widerftänden. Letztere kann man nur in einzelnen Fällen genau berechnen; fie find aber allgemein auch nicht anzugeben, vielmehr in hohem Grade vom Längenprofil und von den Querfchnitten der Rauchwege abhängig. Ueber 10 kg für 1 qm Querfchnitt pflegt der am Fufse des Schornfteines zu überwindende Gefamtwiderftand felbft bei grofsen Steinkohlenfeuerungen nicht zu fteigen. Bei einfachen und weiten Rauchwegen, geringerer Beanfpruchung des Roftes, als die obige Tabelle angibt, und fonftigen günftigen Umftänden finkt der Gefamtwiderftand bis auf 2, ja 1 kg herab.

347. Treppenrofte.

Sehr kleinkörniger Brennftoff fällt durch die Roftfpalte und geht hierdurch verloren. Eine bedeutendere Schichthöhe und Verwendung einer Feuerftelle nach Art von Fig. 293 (S. 308) ift wegen der Kleinheit der freien Hohlräume nicht anwendbar. Man verwendet für folchen Brennftoff deshalb den fog. Treppenroft (Fig. 298). Diefer ift aus einer Zahl nach Art der Treppenftufen übereinander gelegter eiferner Stäbe gebildet, deren Breite im Verhältnis zu ihrem lotrechten Abftande fo gewählt ift, dafs die Brennftoffteilchen nicht herausfallen können. Behufs gleichmäfsiger Luftzuführung follte die Neigung des Roftes mit dem Böfchungswinkel des Brennftoffes zufammenfallen. Diefer Böfchungswinkel ift jedoch abhängig von der Korngröfse und vom Feuchtigkeitsgehalte des Brennftoffes, der fich fortwährend ändert. Man ift — zumal das Feuer nicht gefehen werden kann — nicht im ftande, eine gleichmäfsige Schichthöhe zu fchaffen.

Fig. 298.



348. Verhüten der Rufsbildung.

Bezüglich der Bedienung des Feuers in der Feuerftelle ift noch das folgende zu fagen.

Die Verbrennung des Holzes, des Torfes, der Braunkohle, des Anthrazits und der Koke erfordert nur das Befeitigen der Afche und (bei Anthrazit und Koke) der Schlacke, fowie das Aufbringen neuer Brennftoffmengen. Die backende Steinkohle verlangt eine weitergehende, forgfältige Behandlung. Bringt man fie auf das Feuer, fo findet eine ziemlich rafche Vergafung der flüchtigen Teile ftatt. Die

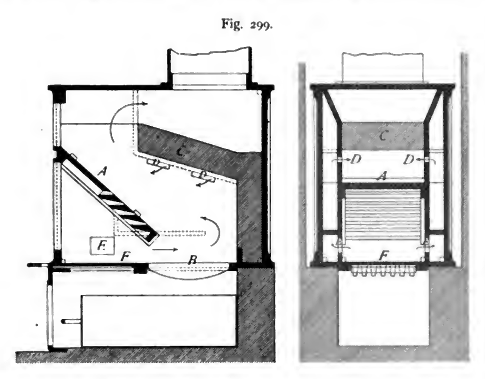
229) Vergl.: FISCHER, F. Technologie der Brennftoffe. Braunfchweig 1880. S. 220.

gebildeten Kohlenwafferftoffe zerlegen fich, und wenn es, wie häufig der Fall, an der genügenden Temperatur fehlt, fo fcheidet fich die Kohle teilweife als Rufs aus. Zu vermindern ift die Rufsbildung dadurch, dafs man die Rauchgafe nicht eher mit kälteren Flächen in Berührung bringt, bis eine vollftändige Verbrennung erfolgt ift, und ferner, dafs man durch Zuführen erhitzter Luft diefe Verbrennung befchleunigt.

Eine zu diefem Zweck eingerichtete Feuerftelle, die für einen Stubenofen beftimmt ift, zeigt Fig. 299 in zwei Schnitten.

Die Kohle wird durch die obere Türöffnung eingeworfen, ftützt fich teils auf die früher gebildete, auf den wagrechten Roft *B* geftofsene Koke, teils auf die Platte *A*, und wird durch die hohe Temperatur der untenliegenden Koke und des Feuerraumes verkokt. Die Gafe ftofsen zunächft gegen das heifse Gewölbe *C*, wofelbft fie fich mit den Rauchgafen des Kokefeuers, die in der Regel überfchüffigen Sauerftoff enthalten, namentlich aber mit derjenigen

Fig. 299.



Feuerftelle für einen Stubenofen. — $^1/_{25}$ w. Gr.

heifsen Luft mifchen, die den Oeffnungen *D* entftrömt. Die Seitenwände der Feuerftelle find zu diefem Ende hohl; in den Hohlraum tritt, vermöge der Oeffnungen *E*, Luft ein, welche gezwungen wird, einen gröfseren Teil der genannten Seitenwände zu befpülen und fich dementfprechend zu erwärmen. Zu bemerken ift noch, dafs fowohl die Roftplatte *A*, als auch der Roft *B* nebft Herdplatte *F* behufs Reinigens des Ofens bequem nach vorn gezogen werden können.

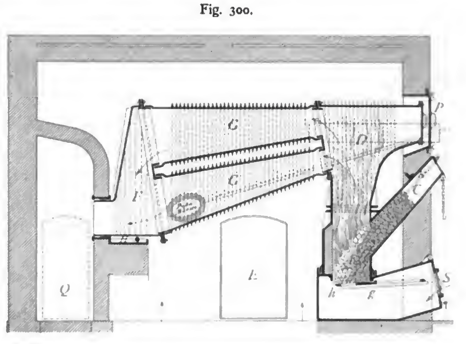
Diefe Feuerftelle gewährt zweifellos die Möglichkeit, die Rufsbildung zu verhüten oder den Rauch zu verbrennen. Sobald jedoch die Verkokung fich vollzogen hat, ift die feitliche Luftzufuhr unnütz, und da fie einen erheblichen Luftüberfchufs liefert, fchädlich. Zweckmäfsig verwertbar ift die Einrichtung nur, wenn man fich bequemt, den Luftzutritt dem Verbrennungsvorgange entfprechend zu regeln, d. h. das Feuer regelmäfsig zu beobachten und forgfältig zu bedienen.

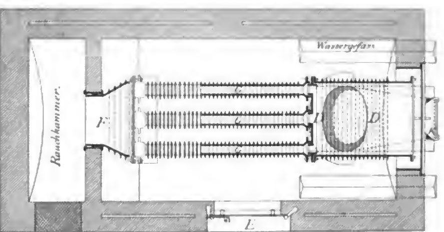
349.
Feuerftelle des Schachtofens.

Die Feuerftelle des fog. Schachtofens (vom Eifenwerk Kaiferslautern, Fig. 300) foll den gleichen Zweck erfüllen, ohne eine fo forgfame als die foeben angedeutete Bedienung zu verlangen.

Die Kohle gelangt durch den geneigten Schlot C in den Verbrennungsraum A, deſſen Boden die Roſtplatte hg bildet. Dieſe läſst bei h einen Spalt für den Zutritt der Luft frei und enthält auſserdem in der Nähe von h eine Anzahl Schlitze zu gleichem Zwecke. Die Verbrennung erfolgt deshalb vorwiegend in der linken Hälfte (in Bezug auf die Abbildung) der Feuerſtelle A. Die von rechts herankommende Kohle gelangt zur Verkokung; ihre Gaſe miſchen ſich mit den Rauchgaſen. In der Vorausſetzung, daſs dieſe nicht mit dem nötigen Sauerſtoffüberſchuſs behaftet ſind, iſt ein beſonderes Zuführen erwärmter Luft vorgeſehen. In den oberen Kanten des Schlotes C befindet ſich je ein Kanal dreieckigen Querſchnittes, welche Kanäle mit K bezeichnet ſind. Sie ſtellen eine Verbindung zwiſchen dem Feuer und dem Freien her, ſo daſs, vermöge des Schornſteinzuges, die unterwegs erwärmte Luft, aus den dreieckigen Mündungen ſtrömend, den oben erwähnten Gaſen ſich beimiſcht.

Fig. 300.





Schachtofen des Eiſenwerkes Kaiſerslautern. — $^1/_{40}$ w. Gr.

Zu dieſer Feuerſtelle iſt zu bemerken, daſs der geplante Vorgang nicht in der erwarteten Weiſe eintreten wird, ſobald die Kohle in erheblichem Grade backt, indem alsdann die gebildete Koke mit Schürwerkzeugen zerbrochen werden muſs, bevor ſie dem Spalt h ſich nähern kann, und ferner, daſs vorausſichtlich die Feuerung in der Regel mit groſsem Luftüberſchuſs arbeiten muſs, um eine vollſtändige Verbrennung zu erzielen.

Es möge noch darauf aufmerkſam gemacht werden, daſs bei der vorliegenden Feuerung der Rauch den Brennſtoffvorrat nicht in ganzer Höhe zu durchſchreiten braucht, ſondern nur längs kürzeren Weges.

350. Bedienung gewöhnlicher Feuerſtellen.

Die gewöhnliche Feuerſtelle mit ebenem oder Planroſt (Fig. 296) vermag bei guter Anordnung und vorſichtiger Bedienung rauchfrei und ohne groſsen Luftüberſchuſs zu arbeiten. Man ſchiebt die klar brennende Koke, nachdem die gebildeten Schlackenteile beſeitigt ſind, nach hinten und legt die neue Kohlenbeſchickung vor dieſe Kokeſchicht. Die Verkokung dieſer Kohle findet dann allmählich ſtatt, ſo daſs — wenn man die gebildeten Gaſe zwingt, über das klare Kokefeuer hinweg-

zuftreichen, und eine zu rafche Abkühlung der Gafe hindert — eine rauchfreie Verbrennung ohne Schwierigkeit gelingt. Nachdem die Verkokung vollendet ift, aber nicht früher, behandelt man das Ganze, wie vorhin gefagt wurde. Diefe Art des Feuerns liefert gute Ergebniffe, erfordert aber einen fleifsigen und gefchickten Arbeiter.

351. Füllfeuerungen.

Im *Meidinger*-Ofen (Fig. 293, S. 308), den man bis zum Rauchrohr *D* mit Kohle recht gleichförmiger Körnung füllt — nach Oeffnen der Klappen *E* und *F* — entzündet man die Kohle von oben, fo dafs die der Kohle entweichenden Kohlenwafferftoffe das höherliegende Feuer durchftrömen müffen und hier Gelegenheit zum Verbrennen finden.

Man unterfcheidet gewöhnliche, Halbfüll- und Füllfeuerungen, je nachdem man die mit Planroft verfehene Feuerftelle bei jedesmaliger Bedienung mit weniger oder mehr Brennftoff befchickt. Diejenigen Feuerftellen, welche eine grofse Brennftoffmenge zu faffen vermögen, erleichtern die Bedienung, da fie folche feltener verlangen. Fig. 293, 294 u. 295 (S. 308 u. 309), 299 (S. 313), 300 (S. 314), 314 (S. 324), 315 (S. 325), 317 (S. 327) u. 320 (S. 330) ftellen Feuerftellen dar, welche als Halbfüll- oder Füllfeuerungen benutzt werden. Man kann in ihnen backende Steinkohle nur in befchränkter Weife verbrennen, während Anthrazit, Koke und Braunkohle fich für Füllfeuerungen eignen.

Wegen anderer Löfungen der vorliegenden Aufgabe verweife ich auf die untenvermerkten Quellen[230]).

352. Wärmeausbeute.

Aus den gegebenen Erörterungen dürfte zur Genüge hervorgehen, dafs nur bei guter Bedienung durch gefchulte Perfonen eine tadellofe Verbrennung erzielt werden kann. Die Erfahrung hat denn auch gezeigt, dafs mit den gewöhnlichen Dienftboten überantworteten Stubenöfen oft nur 15 bis 20 Vomhundert, durchfchnittlich 20 bis 30 Vomhundert, höchftens 40 Vomhundert derjenigen Wärme nutzbar gemacht werden, welche die Tabelle auf S. 305 nennt, während gut geleitete gröfsere Feuerungen durchfchnittlich 50 bis 70 Vomhundert Wärmeausbeute liefern.

Der Gedanke, die Gewinnung der Wärme zu vereinfachen, indem in befonderen Fabriken der Brennftoff in ein gleichmäfsiges, brennbares Gasgemifch verwandelt wird, welches mittels Rohrleitungen den einzelnen Bedarfsftellen zugeführt wird, ift daher ein durchaus gefunder. Die Grofsgewerbe benutzen diefes Verfahren in ausgedehntem Mafse; für die Heizung und Lüftung ift zur Zeit nur der Verbrauch des teueren, zu Beleuchtungszwecken verfertigten Gafes von Bedeutung, weshalb auch nur von diefem weiter unten die Rede fein wird.

353. Feuerftellen für flüffige Brennftoffe.

Für flüffigen Brennftoff — Erdöl — find bisher wenige Arten von Feuerftellen bekannt. Sie haben bisher für Heizungs- und Lüftungszwecke keine Bedeutung.

354. Feuerftellen für Leuchtgas.

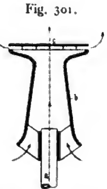
Mehr Verwendung hat, trotz feines hohen Preifes, das Leuchtgas gefunden, wegen der Bequemlichkeit der Bedienung und der Reinlichkeit feiner Feuerftellen.

Sofern es fich um Erwärmung folcher Luft handelt, welche mit den Rauchgafen des Leuchtgafes verunreinigt werden darf, fo genügt eine entfprechende Zahl Einlochbrenner, um die Heizkraft des Gafes nahezu vollftändig auszunutzen. Die

230) TEN-BRINK's rauchverzehrende Feuerung. Polyt Journ., Bd. 225, S. 245.
FISCHER, H. Bericht über die Ausftellung von Heizungs- und Lüftungs-Anlagen in Caffel. Polyt. Journ., Bd. 225, S. 521.
Verdampfungsverfuche mit einem TEN-BRINK'fchen Dampfkeffel. Polyt. Journ. Bd. 226, S. 462.
MAC DOUGALL's mechanifcher Roft mit Rauchverzehrung. Polyt. Journ., Bd. 229, S. 128.
PROCTOR's mechanifcher Heizer. Polyt. Journ., Bd. 229, S. 226.
Ueber Feuerungsrofte. Polyt. Journ., Bd. 229, S. 474.
Selbftthätige Feuerung mit HOLROYD SMITH's Roftfchrauben. Polyt. Journ., Bd. 230, S. 453.
Neuerungen an Dampfkeffel-Feuerungen. Polyt. Journ., Bd. 233, S. 180, 265, 353, 437.

Flammen leuchten und dienen deshalb nicht allein dem Zwecke, Wärme zu entbinden, verurfachen hierdurch aber einen allerdings geringen Wärmeverluft. Wefentlicher ift, dafs diefe Flammen rufsen, wenn fie, bevor vollftändige Verbrennung ftattfand, mit kalten Flächen in Berührung kommen. Die Flammen werden nicht leuchtend, alfo auch nicht rufsbildend, wenn das Gas vor der Verbrennung mit Luft gemifcht wurde. Dies bezweckende Brennereinrichtungen findet man in den untengenannten Quellen befchrieben[231]).

Fig. 301.



Wobbe's Brenner.

Einfach und zweckmäfsig ift der *Wobbe*-Brenner (Fig. 301). *a* bezeichnet das Gaszuführungsrohr. Ueber diefes ift ein weiteres Rohr *b* gefchoben, und zwar fo, dafs am unteren Rande des letzteren ringsum Luft eintreten kann. In *b* mifchen fich Luft und Gas; die Leichtigkeit diefes Gemifches bewirkt das Einfaugen. Oben ift der Deckel *c* angebracht, der mit dem aufgeftülpten oberen Rande von *b* einen engen, dem Austritt des Gemifches dienenden Spalt bildet. Diefer Spalt mufs eng fein, um das fog. »Zurückfchlagen« der Flamme zu verhüten.

Im vorliegenden Falle bringt der Luftüberfchufs keine Wärmeverlufte hervor. Wefentlich anders ift es, wenn man den Rauch des Gafes Wänden entlang führen will, deren entgegengefetzte Flächen die Wärme an Luft oder Waffer abgeben follen, wenn alfo die Verbrennungsgafe, nachdem fie den benutzbaren Teil ihrer Wärme abgegeben haben, in das Freie entlaffen werden follen. Bei Verwendung des Gafes zum Heizen follte nie anders verfahren werden, um die Verunreinigung der Luft durch den Rauch des Gafes zu verhüten.

Folgende Gefichtspunkte find für den Entwurf derartiger Feuerftellen mafsgebend. Offenbar mufs die der Feuerung in der Zeiteinheit zugeführte Luftmenge in beftimmtem Verhältnis zur Leuchtgasmenge ftehen; wahrfcheinlich braucht fie nur wenig gröfser zu fein als die in der Tabelle auf S. 305 angegebene einfache Luftmenge. Um die Wärmeentwickelung dem Bedarfe entfprechend zu regeln, müffen daher der Zuflufs des Gafes und gleichzeitig derjenige der Luft geregelt werden, was ohne Schwierigkeit durch eine Handlung möglich fein dürfte, indem die beiden in Frage kommenden Ventile miteinander in Verbindung ftehen. Die Regelung dürfte umfo leichter gelingen, da der Brennftoff durchaus gleichförmig ift. Ein vorheriges Erwärmen der Luft fowohl als des Gafes ift mindeftens fehr nützlich, um eine vollftändige Verbrennung zu erreichen[232]).

c) Wärmeabgabe der Feuergafe an die Luft.

Die Wärmeabgabe der Feuergafe an die Luft kann ftattfinden:

1) ohne jedes Zwifchenmittel (Kaminheizung);
2) unter Vermittelung einer feften Wand (Ofenheizung), und
3) unter Vermittelung fefter Wände und von Waffer oder Dampf (Waffer- und Dampfheizung)

[231]) PRECHTEL, J. J. v. Technologifche Encyklopädie. Supplementband 3. Stuttgart 1861. S. 275
Ein BUNSEN'fcher Brenner ohne Rückfchlag. *Scientif American*, Bd. 30, S. 387. Polyt. Journ., Bd. 219, S. 408.
MUENCKE, R. Gaslampe für kohlenwafferftoffreiche Leuchtgafe, Fettgas, Oelgas etc. Polyt. Journ., Bd. 225, S. 83.
FISCHER, H. Ausftellung in Caffel. Feuerungen für flüffige Brennftoffe. Polyt. Journ., Bd. 226, S. 15.
GODEFROY's Brenner. Polyt. Journ., Bd. 228, S. 279
MUENCKE, R. Gaslampe mit Luftregulirungsvorrichtung für gewöhnliches und für an Kohlenwafferftoff reiches Leuchtgas. Polyt. Journ., Bd. 233, S. 227.
FISCHER, F. Ueber die Verwendung des Leuchtgafes zur Wärmeentwicklung. Polyt. Journ., Bd. 249, S. 374

[232]) Siehe auch: REICHARD. Heizung mit Leuchtgas und der Karlsruher Schulofen. Journ. f. Gasb. u. Waff. 1890, S. 2 — ferner: Fortfchritte auf dem Gebiete der Architektur. Nr. 1: Die Gasofen-Heizung für Schulen. Darmftadt 1894.

1) Wärmeabgabe ohne Zwifchenmittel (Kamine).

355. Kamine.

Der reine Kamin (vergl. Art. 342 u. Fig. 291, S. 307), fowie das offene Feuer bieten hierher gehörige Beifpiele. Die Wärmeausnutzung ift aus früher angegebenen Gründen hierbei eine fehr geringe. Auch die Beheizung einiger Lockfchornfteine (vergl. Art. 263, S. 223) gehört hierher. Diefe nutzen jedoch die Wärme der Feuergafe vollftändig aus, indem die letzteren fich mit der zu erwärmenden Luft mifchen.

2) Vermittelung durch eine fefte Wand.
(Oefen für Einzel- und Sammelheizungen; Kanal- und Feuerluftheizung.)

356. Verbefferte Kamine.

Hierher gehören die Heizöfen der Einzel- und der Sammelheizungen, fowie mehr oder weniger die Halböfen oder verbefferten Kamine, auch Kamin- oder Cheminée-Oefen genannt.

Die letzteren entfpringen den Verfuchen, die äufsere Erfcheinung des für die heutigen Heizbedürfniffe ungenügenden eigentlichen Kamins beizubehalten, ihn aber derart umzubilden, dafs einerfeits die Annehmlichkeiten der offenen Feuerftelle und der damit zufammenhängenden reichlichen Luftabführung möglichft gewahrt bleiben, andererfeits aber die Nachteile der Kaminheizung tunlichft gemildert werden, insbefondere eine beffere Ausnutzung des Brennftoffes, als die gewöhnlichen Kamine gewähren, erzielt wird. Obwohl ungeachtet diefer Verbefferungen der Kaminofen als wirtfchaftlich gutes Heizmittel nicht bezeichnet werden kann, fo findet er wegen feiner Geftalt und wegen der angedeuteten Annehmlichkeiten doch vielfache Anwendung, namentlich in folchen Fällen, wo man auf möglichft hohe Wärmeabgabe der Feuergafe keinen grofsen Wert legt. (Vergl. die unten genannten Quellen[233].)

357. Heizöfen.

Die Wände der Heizöfen, welche an einer Seite vom Rauche befpült werden und von diefem diejenige Wärme übernehmen, die der an der anderen Seite befindlichen Luft übermittelt wird, beftehen vorwiegend aus Eifen und Ton; nur felten werden fie aus anderen Stoffen hergeftellt.

Der gröfseren Wärmeleitungsfähigkeit wegen verwendet man Eifen, und namentlich Gufseifen, vorwiegend zu folchen Ofenwänden, welche verhältnismäfsig klein werden follen, während tönerne, aus fog. Kacheln, Tonrohren oder Backfteinen gebildete Oefen für diejenigen Fälle Anwendung finden, in denen der gröfsere Raumbedarf nicht läftig ift, zu gleicher Zeit aber grofser Wert auf geringe Heizflächentemperatur (vergl. Art. 358, S. 319) gelegt wird. Dicke tönerne Wände vermögen eine gröfsere Wärmemenge in fich aufzufpeichern, was fie befähigt, den Wechfel in der Wärmeentwickelung weniger fühlbar zu machen. (Vergl. Kap. 14, unter a.)

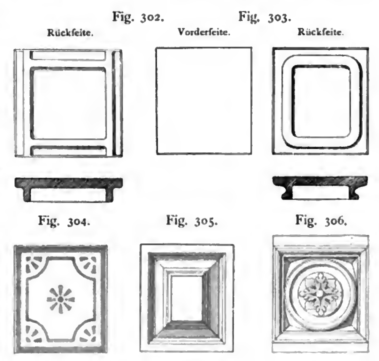
Eiferne Oefen haben vor tönernen immer den Vorzug, widerftandsfähiger gegen Erfchütterungen u. a. zu fein. Man wählt das Eifen deshalb, fobald die Oefen Erfchütterungen ausgefetzt find (in Eifenbahnfahrzeugen, Fabriken, Tanzfälen u. f. w.) oder gar die Gefahr einer abfichtlichen Zerftörung vorliegt (in Gefängniffen). Für die Zimmerheizung zieht man oft Kachelöfen den eifernen Oefen vor, indem erftere meiftens durch anhaltendere Wärmeabgabe fich auszeichnen.

Die Heizung unferer Wohnräume mittels Oefen kann bis auf die frühmittelalterliche Zeit zurückgeführt werden und gehört dem Norden, hauptfächlich Deutfchland und der Schweiz an; die älteften uns erhaltenen Oefen find grofse Kachelöfen aus dem XV. Jahrhundert. Derlei Oefen

[233]) Polyt. Journ., Bd. 226, S. 116; Bd. 231, S. 200.

wurden anfangs aus einfach geformten, ſpäter aus reicher gegliederten, meiſt mit plaſtiſchem Ornament, mit figürlichen Darſtellungen, Inſchriften u. ſ. w. verſehenen Kacheln hergeſtellt, deren Wirkung durch ſchlichte, farbige Glaſierung, insbeſondere aber durch bunten Farbenſchmelz gehoben wurde. Es kann auf dieſe äuſserſt charakteriſtiſchen, oft ſehr reichen und ſchönen Arbeiten des ſpäten Mittelalters und der Renaiſſancezeit hier nicht eingegangen werden; es mag auf die unten genannten Quellen[234]) verwieſen und nur erwähnt werden, daſs die alten Vorbilder in neuerer Zeit nicht allein getreu und ſchön nachgeahmt (dabei mit verbeſſerten Feuerungseinrichtungen verſehen) werden, ſondern daſs ſie auch die Anregung zu freier formaler Weiterentwickelung und zur Wiederaufnahme des Farbenſchmelzes für die neueren Kachelöfen gegeben haben.

Die alten (auch die reicher verzierten) Kacheln haben eine Breite von annähernd 20 cm und eine meiſt gröſsere Höhe, bis zu 30 cm; die neueren Muſter ſind niedriger und zeigen vorherrſchend grüne und braune Glaſur; die bunte Farbenbehandlung iſt jetzt weniger häufig als in früheren Zeiten. Neben dieſen ſind noch die modernen glatten Kacheln, die vor wenigen Jahren faſt ausſchlieſslich Verwendung fanden und als halbweiſse, weiſse und feine Schmelzkacheln unterſchieden werden, zu erwähnen; ferner die ſog. Damaſtkacheln, bei denen auf der weiſsen oder farbig glaſierten Auſsenfläche mittels des Sandblaſeverfahrens Muſter hervorgebracht ſind. (Siehe Fig. 302 bis 306.)


Fig. 302. Rückſeite. Vorderſeite. Fig. 303. Rückſeite.
Fig. 304. Fig. 305. Fig. 306.

Kacheln. — 1/10 w. Gr.

Solche Kacheln werden faſt überall in der Gröſse von 20 bis 22 cm Breite auf 24 bis 26 cm Höhe, oft auch quadratiſch mit 17 bis 20 cm Seitenlänge und verzierten oder einfach abgefaſten Kanten hergeſtellt. Des Verbandes wegen ſind Eckkacheln, welche einerſeits die ganze, andererſeits die halbe Breite haben, notwendig. Die Geſimſe und Ornamente der weiſsen Kachelöfen, welche durch Glaſur an Schärfe der Form verlieren, werden häufig als matte Terrakotten hergeſtellt.

Die formale Ausbildung der guſseiſernen Oefen wurde, obwohl ſie in gewiſſen Teilen Deutſchlands u. a. O. ſchon ſeit langer Zeit vorwiegend zur Heizung der Wohnräume benutzt werden, bis vor kurzem vernachläſſigt; ziemlich ſinnloſe Ornamente, welche den Blechplatten des Guſsmodells in geringer Stärke aufgenietet wurden, bildeten faſt den einzigen Schmuck (?). Erſt der Neuzeit war es vorbehalten, auch auf dieſem Gebiete läuternd vorzugehen und Formen zu ſchaffen, welche künſtleriſche wie konſtruktive Anforderungen befriedigen können. In letzterer Beziehung iſt vor allem darauf zu achten, daſs die Abmeſſungen der einzelnen Guſsteile, die Lage ihrer Fugen und Stöſse ſo gewählt werden, daſs ſie einerſeits der Konſtruktion des Ofens entſprechen, bezw. ſie nicht ſtören, andererſeits ein leichtes und bequemes Zuſammenfügen der einzelnen Teile geſtatten.

In Rückſicht auf die fabrikmäſsige Herſtellung der guſseiſernen Zimmeröfen iſt darauf zu achten, daſs ihr Auſsenbau aus einer möglichſt geringen Zahl lotrechter Platten beſtehe, deren Modell ſich beim Formen ohne weiteres aus dem Formſand herausheben läſst, ſowie aus einer Folge von wagrecht liegenden Ringen, die in gleicher Weiſe ohne jede beſondere, gekünſtelte Verunſtaltung geformt werden können. Deshalb darf das Modell der Platten nirgends unter-

234) Essenwein, A. Buntglaſirte Thonwaaren des 15.—18. Jahrhunderts im germaniſchen Muſeum. Anzeiger für Kunde der deutſchen Vorzeit 1875, S. 33, 65, 137 u. 169.
Bühler, Ch. Die Kachelöfen in Graubünden aus dem 16.—17. Jahrhundert. Zürich 1881.

ſchnitten ſein und dasjenige der Ringe keine Nut und keinen vorſpringenden Stab aufweiſen. Bei eckig geſtalteten Oefen iſt auch noch zu berückſichtigen, daſs je zwei von den vier lotrechten Platten, welche ein Stockwerk des Ofens bilden, an den Kanten um ein beſtimmtes Maſs (etwa 1,5 mm) überſtehen müſſen [335]).

358. Heizflächen.

Auf den Heizflächen liegender Staub oder an ihnen haftender Schmutz zerſetzen ſich, ſoweit ſie pflanzlichen oder tieriſchen Urſprunges ſind, verhältnismäſsig raſch; ja nicht ſelten iſt die Heizflächentemperatur hoch genug, um die Schmutzteile zu verbrennen. Die entſtehenden Gaſe verderben natürlich die ſich an den Heizflächen erwärmende Luft. Daher iſt das Reinhalten der Heizflächen von hohem Werte; man hat dafür zu ſorgen, daſs ſie gut von Schmutz zu reinigen ſind.

Dies bedingt zunächſt entſprechende Zugänglichkeit, ferner aber einen Zuſtand der Flächen, welcher ihre Reinigung nicht erſchwert.

Glatte, womöglich mit einem Glasfluſs oder Schmelz überzogene Flächen ſind von dieſem Geſichtspunkte aus die zweckmäſsigſten, rauhe Flächen dagegen im allgemeinen zu verwerfen.

In Rückſicht auf die Wärmeabgabe verhält ſich aber die rauhe Fläche günſtiger als die glatte. Dies geht deutlich aus folgender Ueberlegung hervor.

Fig. 307.

Der durch Fig. 307 dargeſtellte guſseiſerne Wandquerſchnitt wird einerſeits von der glatten Fläche F, andererſeits von einer gerieſten Fläche, deren Gröſse durch die Riefung zu nF geworden iſt, begrenzt.

Iſt die Riefung unter 60 Grad Neigungswinkel ausgeführt, ſo wird $n = 2$, alſo die geriefte Fläche doppelt ſo groſs als die glatte. Die geriefte Fläche gibt daher in derſelben Zeit doppelt ſo viel Wärme ab, als die glatte unter ſonſt gleichen Umſtänden abgeben würde; das k in Gleichung 18 (S. 127) wird alſo auf etwa das $1\frac{1}{2}$fache vergröſsert.

Man iſt mit der durch eine ſolche Riefung zu erzielenden Vergröſserung des k vielfach nicht zufrieden, ſondern bildet — namentlich an der von der Luft beſpülten Seite — hohe Rippen nach Fig. 308 u. 309 aus, welche hinſichtlich ihres Abſtandes (von 0,02 m ab aufwärts), ihrer Länge (von 0,01 m bis 0,25 m) und ihrer Dicke ſehr verſchieden ſind. Dieſe Rippen vergröſsern die Oberfläche erheblich in dem Sinne, wie das vorige Beiſpiel dies erläuterte. Indes ſind bei der Wertſchätzung dieſer Vergröſserung folgende Umſtände nicht zu überſehen.

Fig. 308.

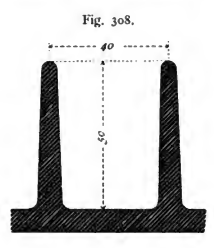
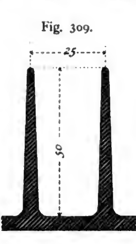


Fig. 309.



Zunächſt geht ein Teil der Wärmeſtrahlung verloren, indem die ſich gegenſeitig beſtrahlenden Flächen gleiche Temperaturen haben; gleiches tritt aber auch bei anderen zuſammengeſetzten Heizflächen ein. Ferner iſt die Temperatur der Rippenoberfläche um ſo niedriger (wenn, wie faſt immer, die gerippte Seite die wärmeabgebende iſt), je weiter die betreffende Stelle von der Wurzel der Rippe entfernt liegt.

[335]) Siehe: Eiſerne Zimmeröfen. Centralbl. d. Bauverw. 1886, S. 2.

Deny fand[338]) bei 0,20 m hohen Rippen:

0,04 m von der Wurzel 268 Grad
0,10 m » » » 186 »
0,10 m » » » 134 »

Andere, in derfelben Quelle angegebene Verfuche liefern ähnliche Ergebniffe. *Deny* verfucht, die Ergebniffe in rechnerifche Formen zu kleiden. Ich vermag einer folchen aber kein Vertrauen zu fchenken, weil folgender Umftand nicht berückfichtigt worden ift.

Diefer meines Erachtens wichtige Umftand befteht in der Verfchiedenheit der Temperaturen, welche dem wärmeaufnehmenden Mittel, das zwifchen den Rippen fich fortbewegt, eigen ift. Solange man annehmen darf, dafs diefes, z. B. Luft, den dann lotrechten Kanal zwifchen den Rippen ohne erhebliche Seitenftrömungen verfolgt, mufs der längs der Sohle ftrömende Teil viel wärmer werden als der weiter aufsen fliefsende, weil erfterer eine verhältnismäfsig gröfsere Heizfläche befpült als letzterer. Der Kanal hindert natürlich Seitenftrömungen an feiner offenen Seite viel weniger als in der Nähe der Sohle, fo dafs das wärmeabführend wirkende Mifchen der im Kanal fich bewegenden Luft an erfterer Stelle viel lebhafter ftattfindet als an letzterer. Hierdurch wird die Verfchiedenheit der Temperaturen weiter gefteigert. Da endlich, wie bereits angegeben, die weiter nach aufsen gelegenen Flächen der Rippen weniger warm find als die ihrer Wurzel benachbarten, fo wird auch hierdurch die Temperaturverfchiedenheit des wärmeaufnehmenden Mittels gefteigert. Für die Wärmeabgabe der Heizflächen ift aber wefentlich ihr Temperaturüberfchufs gegenüber dem zu Erwärmenden mafsgebend.

Aus den erwähnten vielfeitigen Einflüffen dürfte nur ein äufserft verwickelter Ausdruck zur Beftimmung des Temperaturüberfchuffes allgemein zutreffende Ergebniffe liefern, fo dafs es, wenigftens zur Zeit, zweckmäfsiger ift, den Nutzen der Rippen nach Erfahrungswerten zu fchätzen.

Dies ift insbefondere hinfichtlich derjenigen Heizflächen richtig, die an einer Seite vom Rauche befpült werden, weil man felbft die Rauchtemperatur nicht mit Sicherheit zu beftimmen vermag. Weiter unten finden fich hierüber einige Angaben.

359. Ofenmäntel.

Man kann die Heizflächen in dem zu erwärmenden Raume fo aufftellen, dafs die Wärmeftrahlen nur durch die Luft gehemmt werden, fonft frei auf gegenüber befindliche Menfchen, Möbel u. f. w. fallen. Diefes Verfahren hat zwei Nachteile. Zunächft ftören die Wärmeftrahlen denjenigen, welchen fie treffen; ferner findet das Erwärmen der unmittelbar über dem Fufsboden befindlichen Luft nur in mangelhafter Weife ftatt. Stellt man einen Schirm, deffen unterer Rand um ein gewiffes Mafs vom Fufsboden entfernt ift, vor der betreffenden Heizfläche auf, fo wird — in erfter Linie — nur die zwifchen diefem Schirme und der Heizfläche befindliche Luft erwärmt; fie fteigt nach oben und veranlafst die nahe dem Fufsboden befindliche kältefte Luft durch den Spalt, welcher zwifchen dem unteren Schirmrande und dem Fufsboden vorhanden ift, zur Heizfläche zu ftrömen. Die kältefte Luft wird alfo befeitigt; an ihre Stelle tritt wärmere, von oben allmählich niederfinkende Luft, d. h. unmittelbar über dem Fufsboden entfteht eine höhere Temperatur, als wenn der Schirm nicht vorhanden wäre. Der zu einem die Heizfläche ganz umgebenden Mantel ausgebildete Schirm wirkt offenbar vollkommener, fo dafs meiftens die Anwendung folcher Ofenmäntel der freien Lage der Heizflächen vorzuziehen ift. So weit vorläufig über Ofenmäntel und nicht ummantelte Oefen.

---

[338]) Siehe: Deny, F. Die rationelle Heizung und Lüftung. Deutfch von E. Haesecke. Berlin 1886. S. 46.

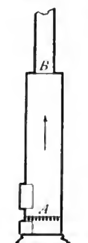
360.
Erwärmung mittels Kanalheizung.

Die Wärme des Rauches wird an die Luft abgegeben, indem man den Rauch durch einen Kanal (den Rauchweg) fuhrt, deffen Wände mit ihrer Aufsenfläche Luft berühren. Die Geftalt des Rauchweges ift von Einflufs auf die Leiftung der Oefen. Man kann dem Rauchweg eine nahezu wagrecht liegende, langgeftreckte gerade Geftalt geben [237]). Diefe Anordnung leidet zunächft an dem Mangel des fchwierigen Dichthaltens der Verbindungen, indem die grofse ununterbrochene Länge des Rauchweges entfprechend grofse Dehnungen verurfacht, denen der Kanal, feines grofsen Gewichtes halber, nicht genügend zu folgen vermag. Aufserdem bietet diefe Kanalheizung erhebliche Schwierigkeiten beim Anheizen (vergl. Art. 229, S. 185), welches meiftens zuvoriges Anwärmen des Schornfteines verlangt.

Man begegnet nicht felten der Auffaffung, dafs durch die Kanalheizung, deren Rauchweg die ganze Länge des zu heizenden Raumes durchfchneidet, letzterer befonders gleichförmig erwärmt werde. Diefe Anficht ift eine irrtümliche, indem notwendigerweife in der Nähe der Feuerftelle der Rauch eine weit höhere Temperatur haben mufs als in der Nähe des ihn abführenden, zugerzeugenden Schornfteines. Der Verfuch, der hieraus entftehenden Ungleichheit der Heizflächentemperaturen durch Anordnung verfchieden dicker oder doch verfchieden gut leitender Kanalwände entgegenzutreten, ift bisher nicht gelungen; man mufs daher die Ausgleichung der Temperaturen innerhalb des zu heizenden Raumes feinem Luftinhalt überlaffen.

Dies find fchon genug gegen die Anwendung der Kanalheizung fprechende Gründe; fie kommt deshalb nur noch felten zur Anwendung. Der lange wagrechte Rauchweg kann auch in mehrere kürzere nebeneinander liegende Stücke zerlegt werden, von denen jedes einen Teil des Rauches erhält [238]). Die Schwierigkeit, den Rauch auf die einzelnen Rauchwege gleichmäfsig zu verteilen, macht diefe Anordnung indes wenig empfehlenswert.

Fig. 310.



Säulenofen.

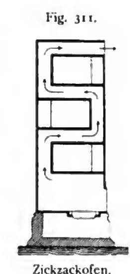
361.
Erwärmung mittels Ofenheizung.

Es ift ferner möglich, den Rauch lotrecht oder doch nahezu lotrecht nach oben ftrömen zu laffen. Fig. 310 verfinnlicht diefe Einrichtung. Nur derjenige Rauch, welcher die Ofenwandungen berührt, wird unmittelbar abgekühlt, der in der Mitte des Rauchweges befindliche dagegen nur infoweit, als er — vielleicht infolge von Wirbelungen — an den erftgenannten Wärme abgibt. Der kühlere Rauch ift der fchwerere; er ift den Reibungswiderftänden der Wandung unmittelbar ausgefetzt, weshalb er fich wefentlich langfamer nach oben bewegt als der in der Mitte des Rauchweges befindliche wärmere Rauch. Diefer gelangt daher rafcher und weniger entwärmt von der Feuerftelle *A* zum Schornfteine *B* als derjenige Rauch, welcher mit den Ofenwänden in Berührung fteht. Die Leiftung der Anordnung wird daher eine geringe fein, wie man von den fog. Kanonen- oder Säulenöfen weifs. Je weiter der Querfchnitt des den Schornftein bildenden, bezw. zum Schornftein führenden (fog. Rauch-) Rohres *B* ift, umfo rafcher wird der wärmere Rauch entweichen, umfo geringer die Wärmeabgabe des Ofens werden.

237) Vergl. das Kapitel über »Canalheizung« in: WOLPERT, A. Theorie und Praxis der Ventilation und Heizung. Braunfchweig 1880. S. 691 — ferner:
KNOBLAUCH, E. Der Umbau der Jerufalem-Kirche in Berlin. Deutfche Bauz. 1880, S. 216.
Kirchenheizung. Mitth. d. Gwbver. f. Hannover 1869, S. 285.
BLANKENSTEIN. Ueber die WAGNER'fche Canalheizung in den Kirchen Leipzigs. Zeitfchr. f. Bauw. 1872, S. 37.
238) Vergl. REDTENBACHER, F. Der Mafchinenbau. Bd. 2. Mannheim 1863. S. 444.

Der Zickzackofen (Fig. 311) ift vorteilhafter, indem an jeder fcharfen Ablenkung des Rauchweges lebhafte Wirbelungen entftehen, die Mifchungen des kalten und wärmeren Rauches hervorrufen. Diefe Mifchungen gelingen jedoch nicht vollftändig, fo dafs, namentlich bei weiten Rauchwegen, die wärmften, am wenigften ausgenutzten Rauchgafe den anderen voreilen. Durch zweckmäfsige Wahl der Querfchnitte vermag man diefen Uebelftand fehr herabzudrücken; jedoch ift das vollftändige Anpaffen an die zu leitenden Rauchmengen nicht möglich, teils wegen des wechfelnden Wärmebedarfes, teils wegen der Rufsanfammlung, welche die Querfchnitte fortwährend ändert.

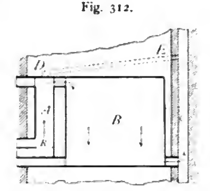
Fig. 311.



Zickzackofen.

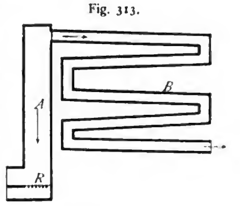
In der 1876er Hygieneausftellung zu Brüffel waren ruffifche Säulenöfen vertreten, bei denen auf folgendem Wege das einfeitige Voreilen der heifseften Gafe verhütet wurde. In dem Schacht, deffen unterer Teil die Feuerftelle enthielt, waren mehrere wagrechte Platten angebracht, welche dem Rauche nur geftatteten, zwifchen ihrem Rande und der Schachtwand emporzufteigen. Angefichts der geringen Weite der betreffenden Oeffnungen kann man wohl erwarten, dafs bei jeder Platte eine ziemlich vollftändige Mifchung der verfchieden warmen Rauchteile ftattfindet.

Fig. 312.



Der durch Fig. 312 dargeftellte Rauchwegverlauf, welcher bereits in Art. 275 (S. 236) befprochen wurde, erfcheint als der vorteilhaftere, indem diefer nur den am meiften abgekühlten Rauch in den Schornftein entweichen läfst. Er vereinigt hiermit noch den Vorteil, dafs, wenn der betreffende Ofen ummantelt oder in einer befonderen Heizkammer aufgeftellt ift, der kältefte Rauch der kälteften Luft gegenuber fich befindet, alfo eine möglichft ftarke Abkühlung des Rauches, bevor er in den Schornftein entweicht, geftattet. Man führt die vorliegende Rauchweganordnung entweder getreu nach dem vorliegenden Bilde aus[239]), wobei nach Umftänden das Zerlegen des Kaftens *B* (Fig 312) in lotrechte, nebeneinander liegende Teile ftattfindet, oder man läfst den Rauch in zickzackförmig geftalteten Rohren *B*, nach der fchematifchen Figur 313, vom lotrechten Feuerfchacht *A* nach dem Schornfteine fich bewegen[240]).

Fig. 313.



Gleichgültig, ob man den zweiten Teil des Ofens, in welchem der Rauch vorwiegend feine

239) Vergl: BOYER's Luftheizungsofen. Mitth d. Gwbver. f. Hannover 1869, S. 282
Oefen von CORDES & HERM. FISCHER. Mitth. d. Gwbver f. Hannover 1872, S 28
Schachtofen Kaiferslautern Art. 349 (S. 314) diefes Bandes.
CEDERBLOM Beheizung mit warmer Luft. Zeitfchr d. Ver. deutfch Ing. 1883, S 416.
KAEFFER. Feuerluftheizungsofen. Zeitfchr d. Ver. deutfch Ing 1883, S. 418.
GEBR. KÖRTING. Oefen mit Schrägrippen. Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1886, S 746; 1888, S. 780

240) Vergl.: FISCHER, H. Ausftellung in Caffel. Oefen von REINHARDT in Würzburg und von KELLING in Dresden Polyt. Journ., Bd. 226, S. 10 u. 11.
FISCHER, H Weltausftellung in Paris Halbofen von GAILLARD, HAILLOT & Co in Paris. Polyt. Journ., Bd 231, S. 201.

Wärme abgeben foll, kaftenförmig oder in der angegebenen Art aus Rohren bildet, ift die Weite der Querfchnitte nur infofern zu beachten, als fie für das Durchftrömen des Rauches weit genug fein müffen. Eine beliebige Vergröfserung der Querfchnitte über das notwendige Bedürfnis hinaus ftört die Nutzleiftung des Ofens nicht.

362.
Entrufsung der Rauchwege.

Die Geftalt der Rauchwege ift mit Rückficht auf ihre Entrufsung zu wählen. Wenn auch die nach zuletzt genannter Art angeordneten Oefen eine Entrufsung zu Gunften des Freihaltens der Rauchwegquerfchnitte nicht bedürfen, fo ift doch das Befeitigen des Rufses geboten, um die innere Seite der Wandungen rein, fie alfo zur Wärmeleitung geeigneter zu erhalten. Die feine Zerteilung des Rufses befähigt diefen, geringem Luftzuge folgend, fich weit zu verbreiten, fobald er von den Rauchwegwänden abgelöft worden ift. Das Entrufsen verurfacht deshalb, trotz gröfster Vorficht, Verunreinigung der Luft. In den Zimmern ftehende Oefen wird man, wenigftens in der Regel, nur fo einrichten können, dafs ihre Entrufsung von diefem Zimmer aus erfolgt; Oefen, die in Heizkammern aufgeftellt find, können und follen immer fo eingerichtet werden, dafs der Rufs nicht in die Heizkammern gelangen kann.

363.
Verhütung zu hoher Temperatur.

Die Temperatur in der Feuerftelle und des ihr zunächft liegenden Teiles des Rauchweges ift eine fo hohe, dafs die mit ihren Aufsenflächen in Berührung tretende Luft häufig zu fehr erwärmt wird. Der Luft find faft immer zahlreiche Staubteilchen beigemifcht, welche, foweit fie pflanzlichen oder tierifchen Urfprunges find, an den zu heifsen Ofenwänden verfengt werden und hierdurch einen brenzlichen Geruch hervorbringen können.

Es ift daher Sorge zu tragen, dafs die Aufsentemperatur der in Rede ftehenden Ofenteile ein gewiffes Mafs nicht überfchreitet. Dies wird auf verfchiedenen Wegen erreicht: man führt die Wärme fo entfchieden aus der Wand ab, dafs die Aufsentemperatur entfprechend finkt, oder man erfchwert den Durchgang der Wärme vom Feuer bis zur Aufsenfläche des Ofens.

364.
Vergröfserung der wärmeabgebenden Fläche.

Rafches Abführen der Wärme ift zunächft möglich durch Anbringen von Hohlräumen zwifchen Aufsen- und Innenfläche der fraglichen Wand, durch welche Waffer geleitet wird; das Waffer gibt die aufgenommene Wärme an einem anderen Orte an die Luft ab[241]).

Es kann ferner erreicht werden durch Vergröfsern der wärmeabgebenden Oberfläche. Dicke, kugel- oder trommelförmige Wände haben eine weit gröfsere Aufsen- als Innenfläche und können deshalb im vorliegenden Sinne verwendet werden[242]). In gleichem Sinne findet die Riefung der Oberflächen oder deren Befetzung mit Rippen ftatt; letztere find zuweilen ungemein hoch und dick[243]). Wenn fie auch die Wärmeabfuhr in ziemlichem Grade fördern, fo vermögen fie doch nicht zu verhüten, dafs die Sohle der von den Rippen gebildeten Kanäle faft fo heifs wird, wie die Wandfläche ohne die Rippen werden würde. Statt der Rippen kommen auch fpitzen- und knopfförmige Auswüchfe zur Verwendung.

365.
Erfchwerung des Wärmedurchganges.

Das Erfchweren des Wärmedurchganges vom Rauch zur Aufsenfläche des Ofens wird zunächft durch Anwendung dicker, aus nicht gut leitenden Stoffen hergeftellter Wände erreicht. Namentlich ift das Auskleiden der Feuerftelle mit feuer-

241) Siehe: Ofen von KELLING. Polyt. Journ., Bd. 226, S. 122.

242) Siehe: Ofen der »Schweizerifchen Induftrie-Gefellfchaft«. Polyt. Journ., Bd. 226, S. 117.

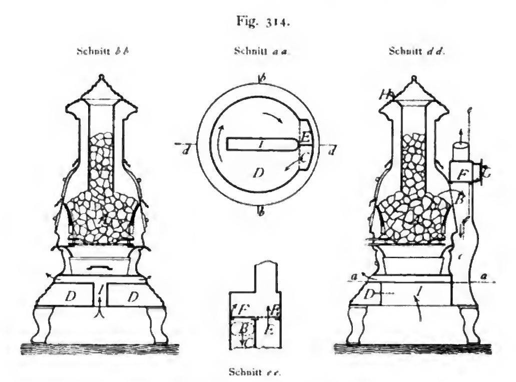
243) Siehe: Luftheizungsöfen von THIERRY, VIOTTE & DEROSNE. Polyt. Journ., Bd. 231, S. 289.

feſten Steinen oder feuerfeſtem Mörtel beliebt und zweckmäſsig. Die weiter unten beſchriebenen Oefen bieten mehrfach Beiſpiele dieſes Verfahrens. Hier iſt des iriſchen Ofens (ſiehe Fig. 294, S. 308) und des ſog. Germanen (in Fig. 295, S. 309) zu gedenken. Es iſt jedoch nicht zu verkennen, daſs dieſes Verfahren zu häufigeren Ausbeſſerungsarbeiten Veranlaſſung gibt, da die Aſche der Brennſtoffe mit der Ausfutterung der Feuerſtelle ſich verſchlackt.

Durch Einſchalten einer Luftſchicht zwiſchen Feuer und Auſsenwand iſt ebenſo der Wärmedurchgang zu erſchweren. Fig. 314 ſtellt den *Perry*'ſchen, nur für Anthrazit oder wenig ſchlackende Koke verwendbaren amerikaniſchen Ofen *(Crown-jewel)* in zwei lotrechten, einem wagrechten und einem Nebenſchnitt dar.

Die Feuerſtelle *A* iſt ein ſich nach unten verjüngender guſseiſerner Topf, deſſen Boden eine durchlöcherte Platte bildet. Dieſer Topf wird durch eine weiterabliegende Wand umſchloſſen, die nur vermöge der Strahlung und vermöge der am Topf erwärmten, ſich jedenfalls raſch bewegenden Luft erwärmt wird. Die Rauchgaſe verlaſſen den Feuerraum bei *B* (Schnitt *dd*).

Fig. 314.



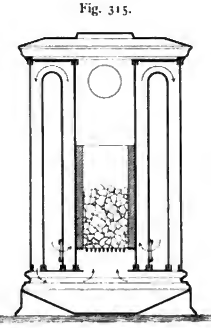
Perry's amerikaniſcher Ofen.

Vorher machen ſie eine Nebenſtrömung in dem ringförmigen Hohlraume zwiſchen dem Vorratsbehälter des Brennſtoffes und der oberen Auſsenwand des Ofens. Erſterer wird viel wärmer ſein als letztere; folglich ſtrömen die Gaſe vorwiegend an jenem empor, während der kältere Rauch, unterwegs mit dem aufſteigenden Rauche vielfach Miſchungen eingehend, an der Innenfläche der Auſsenwand niederſinkt, ſo daſs dieſe nicht im Uebermaſs erwärmt wird. Bei dieſer Gelegenheit ſei die übrige Ofeneinrichtung kurz erwähnt. Der Rauch ſoll in der Regel von *B* (Schnitt *dd*) aus durch den Kanal *C* nach unten ſtrömen, den im Fuſs des Ofens befindlichen Raum *D* durchflieſsen (Schnitt *aa*), um dann durch den neben *C* liegenden Kanal *E* zum Schornſteine zu gelangen. Die Rauchführung iſt hiernach im Sinne früherer Erörterungen als zweckmäſsig zu bezeichnen. Um während des Anfeuerns dem wenig warmen Rauche das Erwärmen des Schornſteines zu erleichtern, kann man die Klappe *F* (Schnitt *ee*) in die punktierte Lage F_1 bringen, indem man ſie mit Hilfe des Hebels *G* (Schnitt *dd*) um 180 Grad dreht.

Die kalte Luft des Fuſsbodens ſteigt durch den Spalt *J* des Ofenfuſses empor, erwärmt ſich an den betreffenden Wandungen des Kanals *D* und entweicht ſeitwärts in das Zimmer.

Wehrenbold in Lühnen an der Lippe erwärmt, wie aus Fig. 315 zu erkennen ift, mittels der fchon durch Mauerwerk geringleitend gemachten Wände der Feuerftelle Luft, welche, zwei Kanäle durchftrömend, ihre Wärme an die Zimmerluft abgibt und hierauf zur Nahrung des Feuers dient. Diefer Gedanke würde, wenn zweckmäfsig ausgebildet, im vorliegenden Sinne fehr gut zu verwenden fein; leider ift der Ofen im übrigen nicht zu loben.

Fig. 315.



Ofen von *Wehrenbold* in Lühnen a. d. Lippe.

Endlich ift noch das Verfahren zu nennen, welches die übergrofse Erwärmung der Heizflächen dadurch verhindert, dafs die Feuerftelle in einen gröfseren Raum eingebaut ift, fo dafs die Wände des letzteren vom niederfteigenden Rauche befpült werden, während dem Rauch beim Verlaffen der Feuerftelle fofort eine grofse Heizfläche dargeboten wird.

Die betreffende Feuerftelle ift derjenigen des oben befchriebenen *Perry*'fchen Ofens ähnlich, indem die Aufsenwandung von dem Topfe, welcher das Feuer enthält, lediglich weiter abfteht als bei diefem.

Am vollftändigften ift der in Rede ftehende Gedanke im Ofen von *Weibel* (fiehe Fig. 319, S. 329) durchgebildet.

366.
Verhütung der Staubablagerung.

Wenn fchon der in der Luft fchwebende Staub die Gefahr einer Luftverfchlechterung bietet, fo ift das gleiche in viel höherem Mafse der Fall feitens desjenigen Staubes, welcher fich auf den Heizflächen ablagert. Deshalb find, wie in Art. 358 (S. 319) fchon erwähnt wurde, die Heizflächen regelmäfsig reinzuhalten, alfo an jeden Ofen und auch an feine Aufftellungsart die Forderung zu ftellen, dafs die Heizflächen, auf welchen Staub fich ablagern kann, möglichft klein und von Staub möglichft bequem zu fäubern find. Da an lotrechten Flächen die Staubablagerung fehr gering ift und diefe, wie an anderem Orte befprochen wurde, für die Wärmeabgabe fehr günftig find, fo ift das Ueberwiegen der lotrechten Flächen eines Heizkörpers regelmäfsig als Vorzug aufzufaffen.

367.
Einflufs der Temperaturfchwankungen.

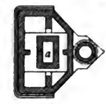
Die lebhaften Temperaturfchwankungen, denen die Ofenwände unterworfen find, bedingen wechfelnde und verfchiedenartige Dehnungen. Diefen ift namentlich deshalb Rechnung zu tragen, weil fie — durch Zerfpringen oder allmähliches Zerftören der Wände — Undichtheiten hervorrufen. Diefe veranlaffen einen Wärmeverluft, indem durch fie Luft eingefogen wird; fie laffen aber auch Rauch ausftrömen, fobald durch irgend einen Zufall der Druck in den Rauchwegen gröfser wird als aufserhalb ihrer. Das Verdichten der Fugen mittels Sand (vergl. Art. 276, S. 237) dient in vielen Fällen, eine genügende Dichtheit hervorzubringen, während die freie Beweglichkeit der Wandteile nicht geftört wird. In anderen Fällen mufs die Anordnung der Ofenteile fo getroffen werden, dafs fie ihrem Dehnungsbeftreben, ohne zu grofse Spannungen hervorzubringen, nachzugeben vermögen. Bemerkenswert ift in diefer Beziehung der Kachelofen von *Wiman* (Fig. 316).

Von der Feuerftelle *A* fteigt der Rauch im gemauerten Schachte *a* empor und finkt alsdann, feine Wärme abgebend, allmählich in dem den genannten Schacht ringförmig umgebenden

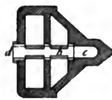
Hohlraume bis in den Rauchweg *b*, von wo aus er mittels des tönernen Rohres *c* zum Schornfteine gelangt. In derfelben wagrechten Ebene haben fonach die zufammenhängenden Teile des Ofens annähernd gleiche Temperaturen, fo dafs fie fich gleichmäfsig zu dehnen vermögen. Der Ofen ift für Holzfeuerung beftimmt und deshalb ohne Roft; Rufs und Flugafche werden durch die einzige Reinigungsöffnung *d* abgezogen[244]).

Fig. 316.

Lotrechter Schnitt.



Wagrechter Schnitt in mittlerer Hohe.



Wagrechter Schnitt durch den Rauchweg *b*.

Kachelofen von *Wiman*.

Nach den gegebenen, vorwiegend allgemeinen Erörterungen will ich noch einige Heizöfen befonders befchreiben, wenn auch die Auswahl, mit Rückficht auf den Rahmen diefes »Handbuches«, nur eine fehr knappe fein darf.

368. Oefen für Gas und präparierte Kohle.

In jeder Beziehung empfehlenswerte Gasöfen kenne ich nicht, verweife deshalb lediglich auf die nachftehend verzeichneten Quellen.

SCHNUHR. Gas-Heiz- und Koch-Apparate. Zeitfchr. f. Bauw. 1861, S. 641.

SCHNUHR. Gasheizungen für grofse und hohe Räume, refp. Kirchen. Zeitfchr. f. Bauw. 1861, S. 649.

Ueber Verwendung des Leuchtgafes zum Heizen der Kirchen. Polyt. Journ., Bd. 164, S. 32.

HENNEBERG. Neuer Gasofen. Mafchin.-Conftr. 1871, S. 87.

BLACKHAM. Verbefferter Gasofen. Polyt. Journ., Bd. 212, S. 79.

Ueber Gasheizung. Journ. f. Gasb. u. Waff. 1874, S. 616.

MULLER & EICHELBRENNER. *Nouveau fyftème de chauffage des fours à gaz. Nouv. annales de la conft.* 1874, S. 6.

KIDD's Gasofen für Haushaltungszwecke. Polyt. Journ., Bd. 217, S. 105.

MARLIN, PH. Heizung von Zimmern mit Leuchtgas. *Journ. de l'éclairage* 1875, S. 341.

KUHLMANN, F. *De l'éclairage et du chauffage par le gaz au point de vue de l'hygiène.* Paris 1876.

GERMINET, G. *Chauffage et éclairage par le gaz.* Paris 1876.

TASKIN. BICHEROUX' Gasofen. Polyt. Journ., Bd. 219, S. 220.

Gasofen von L. VANDERKELEN. Polyt. Journ., Bd. 222, S. 3.

WALLACE, J. Die Anwendung des Steinkohlengafes zum Heizen. *Eng. and mining journ.*, Bd. 21, S. 37.

Bericht über die Weltausftellung von Philadelphia 1876. Herausgegeben von der öfterreichifchen Commiffion. 17. Heft: Heizung, Ventilation und Wafferleitungen. Von L. STROHMAYER. Wien 1877. S. 16.

VANDERKELEN. Gasofen. Mafchinenb. 1877, S. 317.

Gasheizung der Wohnhäufer und Küchen. Rohrleger 1879, S. 160.

FISCHER, H. Feuerungen für Gas. Polyt. Journ., Bd. 231, S. 197.

BOHE, A. Kochen und Heizen mit Leuchtgas. Journ. f. Gasb. u. Waff. 1880, S. 542.

Zur Anwendung des Gafes für Heizzwecke. Journ. f. Gasb. u. Waff. 1880, S. 741.

DENNY, W. *Cooking and heating by gas.* Dumbarton 1881.

Gasheizungen für Kirchen, insbefondere die Koften derfelben. Deutfche Bauz. 1881, S. 445.

Schönheyder's fanitary ftove. Engng., Bd. 32, S. 360.

Gas cooking and heating apparatus. Sanit. record, Bd. 12, S. 336, 370.

WOBBE. Ueber Gaskoch- und Heizapparate. Journ. f. Gasb. u. Waff. 1882, S. 619.

FISCHER, F. Verwendung des Leuchtgafes zur Wärmeentwicklung. Polyt. Journ., Bd. 249, S. 374.

WOBBE. Mittheilung über Gas-Koch- und -Heizapparate. Journ. f. Gasb. u. Waff. 1883, S. 638.

WOBBE, G. Ueber Gasheiz-Oefen und Gas-Herde. Journ. f. Gasb. u. Waff. 1884, S. 740.

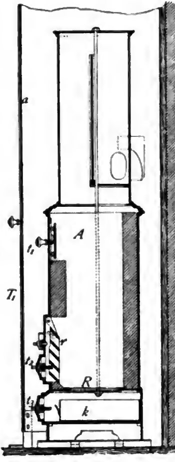
244) Eingehendere Befchreibung in: Wochfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1880, S. 7.

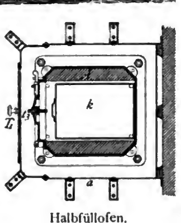
Worbe, J. G. Die Verwendung des Gafes zum Kochen, Heizen etc. München 1885.
Ramdohr, L. Das Leuchtgas als Heizftoff in Küche und Haus. Haarmann's Zeitfchr. f. Bauhdw. 1887, S. 46, 49, 57, 67, 75, 81, 89, 100, 110.
Reichard. Heizung mit Leuchtgas und der Karlsruher Schulofen. Journ. f. Gasb. u. Waff. 1890, S. 2.
Die neuen Gasheizapparate der Deutfchen Continental-Gas-Gefellfchaft zu Deffau. Polyt. Journ., Bd. 275, S. 270.
Schrader, O. Die Gasheizung. Zeitfchr. f. Lüftg. u. Heizg. 1895, S. 150, 165, 183, 196, 227, 261.
Haase, F. H. Die Gasheizung. Polyt. Journ., Bd. 293, S. 193.
Fortfchritte auf dem Gebiete der Architektur. 1: Die Gasofen-Heizung für Schulen. Von G. Behnke. Darmftadt 1894.
Schmidt, K. Gasheizung und Gasöfen. Gefundh.-Ing. 1895, S. 43, 60, 76.

Oefen für die fog. präparierte Kohle werden faft nur für Eifenbahnwagen verwendet; ich darf mich daher begnügen, die untenftehenden Quellen zu nennen[215]).

369
Mantelofen.

Fig. 317.





Halbfüllofen.

Von Zimmeröfen mit Mantel erwähne ich zunächft den *Meidinger*-Ofen (vergl. Art. 343 u. Fig. 293, S. 308).

Stark backende Kohle vermag man in diefem Ofen nicht zu verbrennen. Bei Verwendung von Koke ift es leicht möglich, den Ofen mehrere Tage ununterbrochen im Betriebe zu erhalten. Der Verlauf des Rauchweges ift nicht günftig; jedoch zwingt der hochaufgefchichtete Brennftoff den Rauch, vorwiegend den Wänden entlang zu ftrömen. Die zu grofse Erwärmung der Aufsenflächen foll verhütet werden durch Rippen, welche in grofser Zahl daran angebracht find. Der Ofenfchacht ift zunächft von einem Blechmantel *I* und ferner von einem zweiten, ebenfolchen Mantel *K* umgeben, fo dafs die Aufsenfläche genügend kalt gehalten wird, um einen Anftrich erhalten zu können. Der vorliegende Ofen erwärmt die im Zimmer befindliche Luft; es ift leicht, den unteren Teil des Ofens fo anzuordnen, dafs dem Ofen nur oder doch teilweife frifche Luft zugeführt wird.

Der irifche Ofen (vergl. Art. 343 u. Fig. 294, S. 308) ift dem *Meidinger*-Ofen bezüglich der Feuerung fehr nahe verwandt. Die Rauchwärme wird aber durch ihn beffer ausgenutzt, indem der Rauch vom Feuerfchachte ab noch einmal niederfinken und fteigen mufs, bevor er zum Schornfteine gelangt. Das Befchicken des Ofens erfolgt von oben, nachdem fowohl die obere Deckelplatte als auch der Deckel *c*, welcher zwifchen Leiften *d* Führung findet, zur Seite gefchoben find. Man vermag dem Ofen frifche kalte Luft zuzuführen; auch ift durch Anbringen des Wafferbeckens *V* für Anfeuchtung der Luft geforgt.

Sehr gebräuchlich ift der Halbfüllofen (Fig. 317).

Die durch einen eifernen Kaften gebildete Feuerftelle *A* ift mit feuerfeften Steinen ausgekleidet. Das Zuführen der Verbrennungsluft erfolgt zum Teile durch den wagrechten Roft *R*, zum

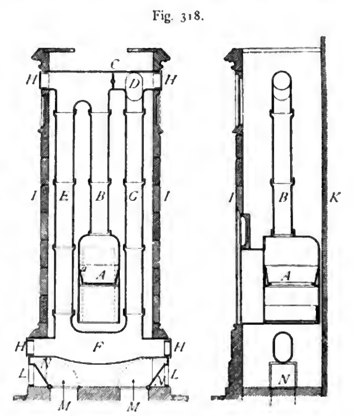
[215]) Mitth. d. Gewbver. f. Hannover 1871, S. 316.
Handbuch für fpecielle Eifenbahntechnik. Herausgegeben von E. Heusinger v. Waldegg. Bd. II. 2. Aufl. Leipzig 1876. S. 398.

Teile durch den lotrecht angeordneten Roſt *r*. Letzterer vermag das Feuer auch bei hoher Füllung der Feuerſtelle noch mit Luft zu verſorgen; alsdann wird die Luftklappe t_3 geſchloſſen und die Klappe t_2 entſprechend geöffnet. Nach entſprechendem Verringern der Brennſtoff-ſchicht ſchlieſst man die Klappe t_2 und öffnet ſtatt ihrer die Klappe t_3. Offenbar iſt es möglich, den Ofen ſowohl mit dünner Brennſtoffſchicht als auch ſo zu verwenden, daſs zur Zeit eine ſehr groſse Brennſtoffmenge eingeworfen wird. Behufs Reinigens iſt der lotrechte Roſt *r* auszuheben; das Einfüllen des Brennſtoffes geſchieht durch die Tür t_1. Von der Feuerſtelle aus ſteigt der Rauch in der einen Hälfte des trommelförmigen Ofenaufſatzes empor, überſchreitet ſeine Querwand und ſinkt nunmehr nach unten, um in den Schornſtein abzuflieſsen. Durch Einhüllen des Ofens mittels eines Blechmantels vermag man die läſtigen Wärmeſtrahlen zu vermindern, auch die Anordnung zu treffen, vermöge deren nach Bedarf den Heizflächen friſche Luft zugeführt werden kann.

Fig. 318 ſtellt einen zweckmäſsigen, von *Raſch*[246]) angegebenen eiſernen Ofen in zwei lotrechten Schnitten dar.

Vom Planroſt *A* ſteigt der Rauch im Rohr *B* empor und entweicht entweder — bei geöffneter Droſſelklappe *C*, während des Anheizens — auf kürzeſtem Wege in das zum Schornſteine führende Rohr *D* oder — während des eigentlichen Heizens — auf dem längeren Wege durch die Rohre *E*, *F*, *G* nach derſelben Stelle. Das Erglühen der Feuerſtellenwände wird durch den topfförmigen eiſernen Einſatz *a* verhütet. *H* bezeichnet die vier Putzöffnungen. Der Ofen iſt an drei Seiten von einem aus Kacheln gebildeten Mantel *I* umgeben, der durch die Wand *K* abgeſchloſſen iſt. Der Mantel iſt oben offen, unten jedoch bis auf die beiden Oeffnungen *L* geſchloſſen. Unter dem Ofen befinden ſich zwei Luftzuführungsöffnungen; je nachdem man nun mittels der Klappen *N* die Oeffnungen *L* oder *M* ſchlieſst, führt man dem Ofen friſche Luft oder Luft des Zimmers zum Erwärmen zu.

Fig. 318.



Ofen nach *Raſch*. — 1/25 w. Gr.

Oefen, wie der eben beſchriebene, führen häufig den wenig zutreffenden Namen »Ventilationsofen«. Mehrere ſolcher, ſowie zahlreiche andere Zimmeröfen ſind in den unten genannten Quellen[247]) beſchrieben; auch ſei auf das auf S. 332 aufgenommene Literaturverzeichnis hingewieſen.

370. Oefen für Feuerluftheizungen.

Von den Oefen für Sammelheizungen, die früher den Namen Caloriferen führten, nenne ich zunächſt den ſchon erwähnten Schachtofen des Eiſenwerkes Kaiſerslautern (vergl. Art. 349 u. Fig. 300, S. 313 u. 314).

Der Zutritt der Verbrennungsluft wird durch den Schieber *S* geregelt; die Wände der Feuerſtelle ſind durch Ausmauerung vor übergroſser Erhitzung geſchützt. Der Rauch bewegt ſich im Schachte *D* zunächſt nach oben, durchſtrömt die Kanäle *G* und gelangt, ſeiner Abkühlung entſprechend, allmählich ſinkend durch den Hals *F* zum Schornſtein. Die Lage der Rauchwege iſt

[246]) Nach: Zeitſchr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1866, S. 399.

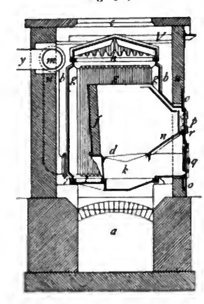
[247]) Schott, E. Ueber Zimmerheizung. Hannover 1854.
Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ing. 1883, S. 521.

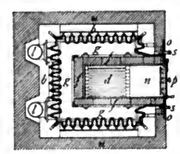
fonach in Bezug auf Wärmeausnutzung fehr zweckmäfsig; fie ift es nicht weniger in Bezug auf Entrufsung. Nach dem Löfen der hinter der Tür *P* befindlichen Kopfplatte vermag man mittels einer Bürfte mit langem Stiel die Rauchwege *G* zu putzen und Rufs nebft Flugafche in den Raum *F* zu ftofsen; von *Q* aus wird der angefammelte Schmutz entfernt. Man vermag ferner, wenn in den Raum *F* ein Licht gehalten wird, von der Oeffnung *P* aus die Innenwände der Rauchwege deutlich zu überfehen und auf ihre Reinheit zu prüfen. Der Ausdehnung der Ofenteile ift dadurch Rechnung getragen, dafs der Schacht *AD* nur an feinem unteren Ende geftützt ift, in der Vorderwand der Heizkammer aber fich frei bewegen kann, dafs ferner der Hals *F* auf einer Rolle ruht, die auf der Bahn *H* ein bequemes Verfchieben des Ofenhinterteiles vermittelt. Die faft ausfchliefslich lotrechten Heizflächen find fowohl in Bezug auf Wärmeabgabe als auch bezüglich der Ablagerung des Staubes fehr günftig angelegt; der etwa abgelagerte Staub kann leicht entfernt werden. Die im unteren Teile der Heizkammer eintretende Luft vermag faft ausfchliefslich in lotrechter Richtung nach oben zu ftrömen; überall find reichliche Querfchnitte für den Durchlafs der Luft. *E* bezeichnet die Einfteigetür der Heizkammer.

Bemerkenswert ift der Ofen von *Weibel* in Genf, welchen Fig. 319 im lotrechten und wagrechten Schnitt wiedergibt.

Die Feuerftelle befindet fich etwa in der Mitte des Ofens; *d* bezeichnet den Planroft, deffen Stäbe fich einerfeits gegen die Roftplatte *n*, andererfeits auf eine Leifte des Unterfatzes *k* ftützen. Unter dem Roft befindet fich ein Becken, welches beftimmt ift, Waffer aufzunehmen (vergl. Art. 344, S. 310). Die Feuerftelle ift von gemauerten, mit eifernem Gerüft verfehenen Wänden *f* umgeben, deren Aufsenfläche feitens der zu erwärmenden Luft nicht befpült wird. Der Rauch erhebt fich von der Feuerftelle lotrecht nach oben und finkt dann an drei Seiten der Feuerftelle nach unten, um durch die Blechrohre *l* in das Sammelrohr *m* und von diefem in das zum Schornftein führende Rohr *y* zu gelangen. Der Rauchweg ift in Bezug auf Wärmeabgabe recht zweckmäfsig, wenn auch die Blechrohranordnung *lmy* nicht zu loben ift. Um die nötige Heizfläche zu fchaffen, find der Deckel *h* des Ofens und die Wandungen *g* fowohl gefaltet, als auch an der Aufsenfeite mit Rippen verfehen. Das Befeitigen des Rufses und der Flugafche erfolgt nach Wegnahme der Feuertür *p*, der Afchenfalltür *q* und der Zwifchenplatte *r*, welche an den Rahmen *o* gefchraubt find, fowie der Roftplatte *n* nebft den Roftftäben, indem ein Arbeiter auf den Boden des Afchenfalles tritt und mittels eines Befens fowohl die Wände abkehrt, als auch den Boden *i* reinigt, Rufs wie Flugafche aus den beiden, links und rechts von der Afchenfalltür angebrachten Putzöffnungen *s* hinauswerfend. Das Rauchfammelrohr *m* wird von feinen Enden aus gereinigt. Deckel und Boden find gegen den Mantel durch mit Sand gefüllte Rillen abgedichtet (vergl. Art. 276, S. 236), fo dafs eine gegenfeitige Beweglichkeit diefer Teile gefichert ift. Ob jedoch der der ftärkften Hitze ausgefetzte Deckel, welcher verfchiedenartig erwärmt werden wird, durch die verlangten Dehnungen nicht teilweife gefprengt wird, ift mir zweifelhaft. Die Falten des ausgedehnten Deckels werden viel Staub anfammeln, welcher, da man die Falten nicht zu reinigen vermag, recht unangenehme Gerüche entwickeln dürfte. Ueberhaupt ift das enge Einfchliefsen des Ofens feitens der Heizkammerwände *u* nicht zu loben.

Fig. 319.



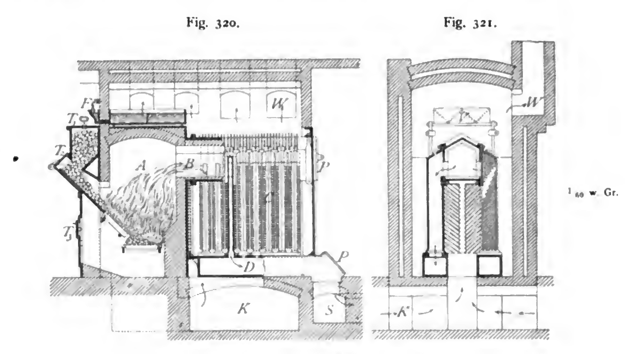


Ofen von *Weibel* zu Genf.
1/50 w. Gr.

Die zu erwärmende Luft tritt bei *a* ein und verläfst die Heizkammer bei *c*.

Eigenartig ift ein Feuerluftheizungsofen von *Gebr. Körting* in Hannover eingerichtet. Fig. 320 ift ein teilweifer Längenfchnitt, Fig. 321 ein Querfchnitt davon.

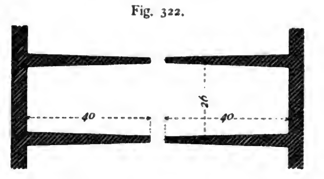
In der vorliegenden Abbildung ift der Ofen mit Füllfeuerung verfehen. Dies ift nebenfächlich; man kann ihn ebenfowohl — wenn folches vorgezogen wird — mit einem Planroft ausftatten. Immer befindet fich die Feuerftelle in einem gut ausgemauerten eifernen Schachte *A*, aus welchem der Rauch durch den Kanal *B* zunächft fich wagrecht fortbewegt. An den mit Steinen ausgefütterten, aufsen mit Rippen befetzten Kanal *B* fchliefsen fich links und rechts winkelförmig gebogene, platte Rohre, welche den Rauch in die Sammelrohre *D* führen; von hier ab gelangt er in den Rauchkanal *S*. Die zu erwärmende Luft tritt durch *K* unter einen in der



Luftheizungsofen von *Gebr. Körting* zu Hannover.

Heizkammerfohle befindlichen Schlitz, von diefem aus zwifchen den Rohren *D* hindurch und durch die Spielräume, welche zwifchen je zwei benachbarten Rohren *C* frei bleiben, in den äufseren Teil der Heizkammer, von wo fie zu den Zimmern, z. B. durch den Kanal *W*, emporfteigt. Die breiten Seitenflächen der platten Rohre *C* find nun mit fchrägen Rippen befetzt, fo dafs fchräg nach oben gerichtete, faft ringsum gefchloffene kurze Kanäle (Fig. 322) entftehen, welche zu durchftrömen die Luft gezwungen wird. Hierdurch erreicht man einerfeits, dafs die Luft nur einen kurzen Weg längs der Heizflächen zurückzulegen hat, alfo die Temperaturzunahme der Luft eine mäfsige ift, ferner dafs die Luft ziemlich gleichmäfsig an die Heizflächen verteilt wird.

Fig. 322.



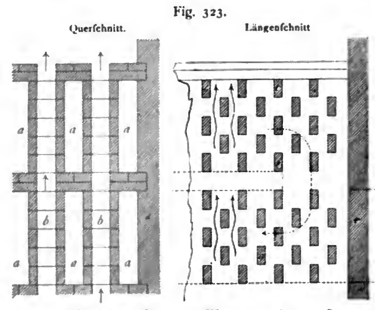
Seitens der Verfertiger wird noch behauptet, dafs die Luftftrömung innerhalb der Kanäle eine Staubablagerung verhüte. Das Entrufsen des Ofens findet durch die Putzöffnungen P_1 und *P* ftatt; die winkelförmigen, platten Rohre können nicht mittels einer Bürfte durchfahren werden, weshalb ftark rufsender Brennftoff für den Ofen unbrauchbar ift. Durch die Seitenkanäle gelangt kalte Luft zu den Seitenflächen des Ofenteiles, in welchem fich die Feuerftelle befindet. *V* bezeichnet eine Wafferverdunftungsfchale, *F* den Hahn für diefe, T_1 und T_2 die Einwurftüren für den Brennftoff, von denen je nach Umftänden die eine oder die andere gebraucht wird, T_3 die Afchenfalltür mit einem Schieber zum Regeln des Luftzutrittes.

Es fei noch bemerkt, dafs es zweckmäfsig ift, die Heizkammer weiter als in Fig. 321 zu machen, um an beide Aufsenfeiten des Ofens gelangen zu können.

Später ist diese Ofenart auch in anderer Weise durchgebildet[248]) und dadurch für kleinere Verhältnisse brauchbar gemacht.

Teils um die Temperatur der Heizflächen gering, teils um sie von der wechselnden Wärmeentwickelung unabhängiger zu machen, verfertigen einige Heiztechniker die Oefen ganz aus Steinen. Hier mögen zwei derartige Oefen kurz besprochen werden. Beide besitzen ihre Feuerstelle im Fusse eines lotrechten Schachtes. Der Rauch tritt an seinem obersten Ende in mehrere nebeneinanderliegende Kanäle und strömt in diesen bis nahe an das hintere Ende der Heizkammer, sinkt dann in eine zweite Reihe solcher Kanäle, in denen er sich nach vorn bewegt u. s. w., bis er endlich aus den unteren Kanälen unter Vermittelung eines Sammelkanals in den Schornstein gelangt (vergl. Fig. 313, S. 322). Die Kanäle sind durch die Hinterwand der Heizkammer verlängert und dort mit Deckeln versehen, nach deren Entfernen sie bequem geputzt werden können. Sonach ist der Verlauf der Rauchwege recht günstig. In Bezug auf die Einzelausbildung unterscheiden sich beide in Rede stehende Oefen. — Der Ofen von *Wiman*[249]) ist teils aus feuerfesten, teils aus gewöhnlichen Ziegeln hergestellt. Die Konstruktion der Rauch- und Luftkanäle ist aus den beiden lotrechten Schnitten in Fig. 323 erkennbar.

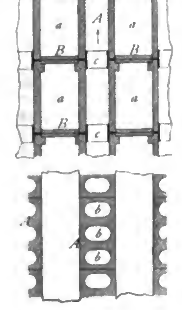
Fig. 323.



Luftheizungsofen von *Wiman*. — 1/30 w. Gr.

Der Querschnitt läfst die gegenseitige Lage der Rauchkanäle *a* deutlich erkennen, während die lotrechten Luftwege *b* durch die Versteifungssteine *c* teilweise verdeckt sind. Die Rauchkanäle liegen auch dicht an der Heizkammerwand *d*, was wohl nicht zu loben ist. Der Längenschnitt ist durch die Luftkanäle geführt. Grundsätzliche Mängel dieses Ofens sind nur das schwierige, bezw. unmögliche Beseitigen des Staubes von den oberen Flächen der Versteifungssteine *c*, sowie die vielen, nur durch Mörtel gedichteten Fugen, welche den Eintritt erheblicher Luftmengen in die Rauchkanäle gestatten und dadurch die Nutzleistung des Ofens herabdrücken dürften.

Fig. 324.



Luftheizungsofen von *Gaillard, Haillot & Co.* zu Paris. 1/20 w. Gr.

Gaillard, Haillot & Co. haben die Mängel des vorhergehenden Ofens teilweise beseitigt[250]). Fig. 324 gibt oben einen lotrechten, unten einen wagrechten Schnitt eines Teiles des betreffenden Ofens.

Durch Aufeinandersetzen der Hohlsteine *A* sind die lotrechten Luftkanäle *b* gebildet; vorspringende Leisten der Steine *A* tragen die Platten *B*, wodurch die wagrechten Rauchwege *a* entstehen. Behufs möglichsten Abdichtens der Luftkanäle *b* gegen die Rauchkanäle *a* sind erstere an den Fugen der Steine *A* mit eisernen Büchsen *c* versehen.

248) Siehe: Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1888, S. 780.
249) Nach: Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1871, S 383.
250) Nach: Polyt. Journ., Bd. 231, S. 294.

Die foeben befchriebenen Oefen haben, wie fchon erwähnt, noch den Zweck der Wärmeauffpeicherung, fo dafs auch bei weniger gleichförmigem Feuer eine gleichförmige Wärmeabgabe vermittelt wird. In welchem Mafse diefe Wärmeauffpeicherung gelingt, ift rechnungsmäfsig nicht zu beftimmen.

371. Erforderliche Heiz- und Roftfläche.

Die für eine beftimmte Wärmeabgabe erforderliche Heizfläche könnte man beftimmen, indem man die wechfelnde Temperatur des Rauches und auch die Temperatur der Luft, welche die Heizflächen zu befpülen hat, zu beftimmen fucht und mit Hilfe der Wärmedurchgangszahlen, die gegeben wurden, rechnet. Das Verfahren ift jedoch nicht allein äufserft mühfelig, fondern auch meiftens erfolglos, da die Rauchtemperaturen, die Einflüffe der Berufsung, die Lage der Heizflächen u. f. w. bis jetzt noch nicht genügend verfolgt werden können. Ich begnüge mich daher mit der Angabe einiger Durchfchnittszahlen.

Man rechnet für Oefen aus Ton, deren Wandungen dünn find, 1000 bis 1500 Wärmeeinheiten ftündlich für 1 qm Heizfläche und macht die Roftfläche 0,005- bis 0,010mal fo grofs als die Heizfläche. Die Heizflächen der dickwandigen oder Maffenöfen liefern felbftverftändlich weniger Wärme; man nimmt 500 bis 1000 Wärmeeinheiten ftündlich fur 1 qm Heizfläche an und wählt die Roftfläche zu 0,016 bis 0,003 der Heizfläche, je nachdem die Abficht vorliegt, entweder in kurzer Zeit fo viel Wärme zu entwickeln, wie während einer Reihe von Stunden abgegeben werden foll (Heizung mit aufgefpeicherter Wärme), oder die Wärmeentwickelung etwa ebenfo ftattfinden zu laffen, wie die Wärmeabgabe erfolgt. Eiferne, glattwandige Oefen liefern für 1 qm ftündlich 1500 bis 2500 Wärmeeinheiten, bei befonders günftiger Einrichtung bis 3000 Wärmeeinheiten. Jedes Quadr.-Meter der Rippenoberflache vermehrt die Wärmeabgabe um 500 bis 1000 Wärmeeinheiten; die Roftfläche pflegt zwifchen dem 0,006- bis 0,010fachen der Heizfläche gewählt zu werden.

Literatur.

Bücher über »Oefen für Einzelheizungen«.

SCHOTT, E. Ueber Zimmerheizung. Hannover 1854.

MORLOK, G. Die Heizung durch Zimmeröfen. Stuttgart 1870.

ZWICK, H. Die Zimmer-Oefen der letzten 10 Jahre. Leipzig 1874.

BRÖMSE, F. Die Ofen- und Glafurfabrikation nach dem jetzigen Stande diefer Induftrie. Weimar 1884. — 2. Aufl. 1896.

HAASE, F. H. Der Ofenbau. Einrichtung und Ausführung der Zimmeröfen, der Calorifere etc. 1. Abth.: Die Kachelöfen. Berlin 1902.

Literatur

über »Feuerluftheizung«.

BRUCKMANN, J. A. v. Beitrag zu der Luftheizung. Mergentheim 1829.

WILLIAMS. Ueber den Gebrauch heifser Luft bei Heizungsanlagen. *Mechan. magaz.*, Bd. 61, S. 491.

Ofen zur Luftheizung von Chamottefteinen in der Ulanen-Caferne zu Moabit bei Berlin. Zeitfchr. f. Bauw. 1851, S. 258.

Ofen zur Luftheizung von Eifen nach FELD'fcher Conftruction. Zeitfchr. f. Bauw. 1851, S. 260.

JANNIARD, H. *Des appareils calorifères en général et de celui de* M. FONDET *en particulier. Revue gén. de l'arch.* 1853, S. 166 u. Pl. 18.

JOHANNY. Erfahrungen in Betreff der Luftheizung. Allg. Bauz. 1855, S. 235.

VINEY. *Calorifère.* Allg. Bauz. 1855, S. 389.

BARTLETT. Luftheizungsofen. *Scientific American*, Bd. 4, S. 113.

LÜBKE. Praktifche Bemerkungen über Luftheizung. Zeitfchr. f. Bauw. 1857, S. 509.
HENNICKE. Ueber Luftheizung. Zeitfchr. f. Bauw. 1859, S. 5.
Ueber Luftheizung. HAARMANN's Zeitfchr. f. Bauhdw. 1859, S. 49.
Ueber Luftheizungsanlagen. *Pract. mech. journ.*, 2. Folge, Bd. 3, S. 88.
Chauffage général d'une maifon à loyer économique par un appareil à air chaud du fyftème GROUVELLE. *Nouv. annales de la conft.* 1860, S. 42.
Heizungs-Canäle für Luft und Dampf. Zeitfchr. f. Bauw. 1861, S. 303.
Heizapparat mit erwärmter Luft. Allg. Bauz. 1861, S. 247.
Luftheizungsofen, conftruirt von SCHWATLO. Zeitfchr. f. Bauw. 1863, S. 652.
CAMPF. Ofen für Luftheizung. *Scientific American*, Bd. 5, S. 216.
Heizapparat mittels heifser Luftftrömungen zum Heizen der Wohnzimmer, der Verwaltungsbureaux etc. Allg. Bauz. 1864, S. 6.
BÖCKMANN. Erfahrungen bei Anwendung von Luftheizung. Zeitfchr. f. Bauw. 1867, S. 433.
Ueber Zimmeröfen und Luftheizungs-Apparate. ROMBERG's Zeitfchr. f. prakt. Bauk. 1867, S. 141, 263.
CERBELAUD. *Calorifère à air chaud et à eau chaude. Nouv. annales de la conft.* 1867, S. 147.
GAILLARD & HAILLOT. *Calorifère vertical entièrement en fonte. Nouv. annales de la conft.* 1868, S. 51.
GAILLARD & HAILLOT. *Calorifère à lames ondulées entièrement en fonte. Nouv. annales de la conft.* 1868, S. 52.
TRESCA. *Expériences exécutées fur un calorifère, préfenté par* M. M. WEIBEL & Cie. *Annales du conferv. des arts et métiers*, Bd. 8, S. 225.
BROC. Central-Luftheizofen. Polyt. Centralbl. 1869, S. 1544.
TRESCA. *Expériences fur un calorifère en briques réfractaires creufes conftruit par* M. M. GAILLARD ET HAILLOT. *Annales du conferv. des arts et métiers*, Bd. 8, S. 392. Mafchin.-Conftr. 1870, S. 216.
WIMAN, E. A. Luftheizungs-*Calorifère* aus Ziegeln. Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1871, S. 383.
INTZE. Centralheizofen. Polyt. Centralbl. 1874, S. 1068.
REINHARDT. *Air-heating apparatus. Engng.*, Bd. 18, S. 253.
MEISSNER's Luftheizung. Mafchin.-Conftr. 1875, S. 291, 309.
FISCHER & STIEHL. Neuer Luftheizapparat. Mafchinenb. 1875, S 201. Polyt. Centralbl. 1875, S. 1009.
Verbefferter Luftheizapparat. Mafchin.-Conftr. 1875, S. 190.
KELLING. Luftheizungsofen. Mafchin.-Conftr. 1875, S. 345.
FRANCHOT. *Calorifère à air chaud. Revue gén. de l'arch.* 1875, S. 157.
REINHARDT, J. H. Ueber Luftheizungen. Corr.-Bl. d. niederrh. Ver. f. öff. Gefundheitspfl. 1876, S. 49.
FISCHER & STIEHL. Neue Luftheizung. HAARMANN's Zeitfchr. f. Bauhdw. 1876, S. 24, 39.
Ueber Luftheizungen. Eifenb., Bd. 6, S. 7, 15, 29, 38, 79.
WOLPERT. Ueber Luftheizung. Mafchinenb. 1877, S. 329.
Poêle-calorifère en fonte. Syftème CHIACOMETTI. *Gaz. des arch. et du bât.* 1877, S. 235.
GOTTSCHALK, F. Ueber die Nachweisbarkeit des Kohlenoxydes in fehr kleinen Mengen und einige Bemerkungen zu der fog. Luftheizungsfrage. Leipzig 1878.
DIETRICH & Cie. *Calorifères. Revue induftr.* 1878, S. 44.
RIETSCHEL. Ueber Luftheizung. Deutfche Zeitfchr. f. prakt. Med. 1878, S. 595.
Ueber die Luftheizung. Rohrleger 1878, S. 177, 195, 213, 229, 247, 267, 285.
PAUL's patentirter Luftheizapparat. Mafchinenb. 1879, S. 147.
Neuere Luftheizapparate. Mafchinenb. 1879, S. 327.
LASIUS, G. Warmluftheizung mit continuirlicher Feuerung. Eifenb., Bd. 11, S. 145, 151.
THOMS, G. Ueber Luftheizung. Rigafche Ind.-Ztg. 1879, S. 89.
HELLER. Ueber die Luftheizung. Viert. f. ger. Medicin 1879, S. 160.
Technifche Mitteilungen des fchweizerifchen Ingenieur- und Architekten-Vereins. Heft 17: Warmluftheizung mit continuirlicher Feuerung. Von G. LASIUS. Zürich 1880.
ZIUREK. Gutachten, betreffend die Befchaffenheit der Zimmerluft in den mit Luftheizung verfehenen Schulclaffen des franzöfifchen Gymnafiums und der Vorfchule des Friedrich-Wilhelms-Gymnafiums zu Berlin in gefundheitlicher Beziehung. Zeitfchr. f. Bauw. 1880, S. 237.
SCHWATLO's Luftheizungs-Apparat. Deutfche Bauz. 1880, S. 125.
FISCHER & STIEHL. Verbefferungen an Luftheizungs-Einrichtungen. Deutfche Bauz. 1880, S. 459.
WUTTKE, O. Central-Luftheizungs-Anlagen ohne Beiordnung von Centrifugal-Ventilatoren. Rohrleger u. Gefundh.-Ing. 1880, S. 66.

Calorifère à air chaud de M. NICORA. *Revue induftr.* 1880, S. 23.

Das neue Luftheizungsfyftem des Profeffors PINZGER. Wochbl. f. Arch. u. Ing. 1881, S. 211.

FISCHER & STIEHL. Verbeffertes Luftheizungsfiftem. HAARMANN's Zeitfchr. f. Bauhdw. 1881, S. 150, 158.

Circular-Erlafs des preufs. Minifters der öffentlichen Arbeiten vom 28. Jan. 1882, betreffend das Reinigen der Luftzuführungs-Canäle und Heizkammern bei Luftheizungen. Centralbl. d. Bauverw. 1882, S. 45.

Luftheizofen *(Calorifère)* von HECKMANN, ZEHENDER & KÄUFFER, Mainz. Wochbl. f. Arch. u. Ing. 1882, S. 241.

LENZNER. Das WUTTKE'fche Syftem der Pulfions-Central-Luftheizung und Ventilation etc. Danzig 1884.

KEIDEL's Luftheizung für Schulen, Krankenhäufer, Säle, Theater u. dergl. Gefundh.-Ing. 1887, S. 579.

DUBOIS, E. *Chauffage et ventilation des cafernes par l'air chaud.* Nancy 1891.

PÉRISSÉ, R. *Le chauffage des habitations par calorifères.* Paris 1906.

3) Vermittelung durch fefte Wände und Waffer oder durch Dampf. (Waffer- und Dampfheizung.)

372. Erzeugung des Dampfes.

Es kann nicht die Aufgabe der nachfolgenden Erörterungen fein, eine Befchreibung und Erörterung der verfchiedenen Dampfkeffelarten zu liefern. Ich begnüge mich, hinfichtlich der gröfseren Dampfentwickler zu bemerken, dafs unter bewohnten Räumen nur folche zuläffig find, welche einen fehr kleinen Wafferraum befitzen, und füge hinzu, dafs 1 qm Heizfläche durchfchnittlich 10 bis höchftens 15 kg Dampf ftündlich liefert.

Den Dampfentwicklern für Niederdruck-Dampfheizungen gebührt hier ein breiterer Raum, feitdem die letzteren in gröfserem Umfange zur Anwendung kommen. Sie fallen unter § 22, Abfatz 3 der »Polizeilichen Beftimmungen über die Anlegung von Dampfkeffeln« (Erlafs des Reichskanzlers vom 5. Auguft 1890, wonach folche Dampfentwickler, deren Wafferraum mittels eines mindeftens 0,08 m weiten, höchftens 5 m hohen Rohres, des fog. Standrohres, mit der Atmofphäre in freier Verbindung fteht, einer polizeilichen Beauffichtigung nicht unterliegen, und dem Erlafs des Minifters für Handel und Gewerbe vom 14. April 1898, B. 1794, welcher befagt, dafs das Standrohr nicht mehr bis in den Wafferraum zu reichen braucht und die Weite des Standrohres von der Heizflächengröfse abhängig gemacht wird, wobei 0,08 m als gröfster Wert gilt.

Kennzeichnend für die gebräuchlichen Niederdruck-Dampfkeffel ift ferner, dafs man bei ihnen die Dampf-, alfo die Wärmeentwickelung durch felbfttätige Regelung des Luftzutrittes zum Brennftoff dem jederzeitigen Bedarfe anzupaffen fucht. Deshalb find von den feften Brennftoffen nur nichtbackende und fchwer vergafende (alfo nur Koke und Anthrazit) verwendbar. Aber felbft diefe würden bei Befchränkung des Luftzutrittes unvollkommen verbrennen (zu Kohlenoxydgas umgewandelt werden), wenn nicht durch entfprechend rafche Wärmeabfuhr das Glühen zu grofser Brennftoffmengen verhütet würde. Daher find ftets die Wände der Feuerftelle durch die vom Waffer befpülten Wände des Keffels gebildet.

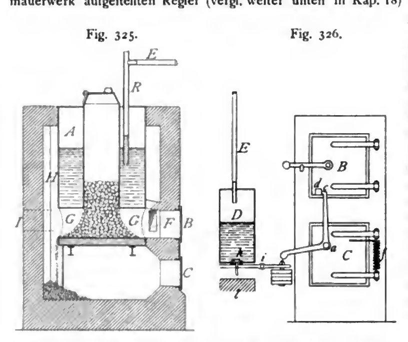
Als Beifpiele diefer Dampfkeffel mögen folgende dienen.

Niederdruck-Dampfkeffel von *Bechem & Poft* in Hagen (Fig. 325[251]). In der Mitte des lotrecht aufgeftellten Keffels befindet fich ein Füllfchacht zur Aufnahme einer gröfseren Brennftoffmenge. Er mündet unten in ein den Keffel quer durchfchneidendes wagrechtes Rohr *G*; der auf zwei eifernen Trägern ruhende Keffel kommt nur mit feinem oberen Rande in der Nähe

[251]) Siehe: Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1887, S. 392.

der Feuertür B und längs einer Zunge H, die an den hinteren Rand von G fich anfchliefst, mit dem Mauerwerk in Berührung. Die Verbrennungsluft, deren Menge durch einen vor dem Keffelmauerwerk aufgeftellten Regler (vergl. weiter unten in Kap. 18) befchränkt wird, tritt bei F ein, jenfeits des Kokehaufens — links in Bezug auf die Abbildung — aus dem Rohr G in den den Keffel umgebenden Hohlraum, wendet fich nach oben und vorn, überfchreitet den Hals, welcher wegen der Feuertür gegen den Keffel gemauert ift, in der Richtung nach hinten, befpült die hintere Hälfte des Keffels und entweicht fchliefslich dicht hinter der Zunge H in den zum Schornfteine führenden (punktiert gezeichneten) Rauchkanal I. Diefe Rauchführung geftattet die im Feuer fich bildenden Schlacken einfach nach hinten zu ftofsen; fallen dabei auch einige noch brauchbare Kokeftücke in den Afchenraum, fo können fie bei dem wochentlich ein- oder zweimal vorzunehmenden Leeren leicht wiedergewonnen werden. Die Einrichtung geftattet ferner — nach Verlöfchen des Feuers —, vom Afchenraume aus die Aufsenfläche des Keffels zu reinigen und zu befichtigen.

Fig. 325. Fig. 326.



Niederdruck-Dampfkeffel von *Bechem & Poft* in Hagen.

Bei gröfserer Weite des Rohres G wird der Fufs der Kokefüllung recht breit, fo dafs das eigenmächtige Herausfallen der Koke zu befürchten fteht. Um dies zu verhüten, werden einige lotrechte Stäbe angebracht, welche an der Kante des Rohres G und des Füllrohres befeftigt find. Im Direktionsgebäude der Lagerhausgefellfchaft im Freihafen zu Hamburg, welches *R. O. Meyer* dafelbft mit der Heizungsanlage verfehen hat, fah ich zu gleichem Zwecke *Field*-Rohre angewendet.

Mit dem Keffel ift eine Sicherheitsvorrichtung verbunden, welche Fig. 326 darftellt. Die Feuertür B wird mittels einer gewöhnlichen Klinke gefchloffen, die Afchenfalltür C mittels eines Winkelhebels, der fich bei a um einen in C befeftigten Bolzen dreht und bei c mit einer Nafe in eine an B befeftigte Oefe d greift. Somit kann zwar die Tür C für fich geöffnet werden, nicht aber die Tür B. Werden aber beide Türen gemeinfam geöffnet, fo zieht der Schornftein die Luft nicht durch das Feuer, fondern auf dem bequemeren Wege unter dem Keffel hindurch heran, wodurch eine Steigerung der Dampfentwickelung infolge unvorfichtigen Türenöffnens unmöglich gemacht wird.

R in Fig. 325 bezeichnet das Standrohr, von welchem das Rohr E in folcher Höhe fich abzweigt, dafs die Wafferfäule zwifchen E und dem Wafferfpiegel im Dampfentwickler dem höchften Dampfüberdrucke entfpricht. Sobald nun, trotz des Verbrennungsreglers, der in Ausficht genommene höchfte Dampfdruck überfchritten wird, fliefst Waffer durch E ab, und zwar in das an einem belafteten — nicht gezeichneten — Hebel hängende Gefäfs D (Fig. 326). Diefes fenkt fich, ftöfst gegen den Hebel i, welcher gegen den links liegenden Arm des an C befeftigten Winkelhebels wirkt, fchiebt dadurch c aus d und geftattet der gefpannten Feder f, die Tür C zu öffnen, wodurch die kalte Luft freien Zutritt zum Schornfteine erhält. Wenn man die Nafe c von links in die Oefe d greifen läfst, fo kann man den Zwifchenhebel i fparen. Das Ventil k bewirkt, indem fein Stiel auf l ftöfst, das felbfttätige Entleeren des Gefäfses D.

Wenn man auch auf das felbfttätige Oeffnen der Tür C verzichtet, fo wird doch ftets die Einrichtung getroffen, dafs B nicht ohne C geöffnet werden kann, was man durch eine an C befeftigte Schiene erreicht, welche feft auf den Rand der Tür B drückt.

Der Deckel des Füllfchachtes mufs dicht fchliefsen. Läfst er Luft durch, fo wird letztere durch das Feuer gefaugt und facht diefes an, fo dafs die Regelung des Luftzutrittes unwirkfam wird.

Mit dem Keffel verbindet man, behufs Beobachtens des Wafferinhaltes, ein Wafferftandglas. Das regelmäfsige Speifen des Keffels erfolgt durch das felbfttätig zurückfliefsende Waffer; nur zum Erfatz durch Undichtheiten verlorenen Waffers ift befonderes Speifen erforderlich, das meiftens unmittelbar durch die Wafferleitung des Haufes bewirkt wird.

Die Niederdruck-Dampfheizungen find befonders für den Tag- und Nachtbetrieb, alfo für ftetiges Heizen geeignet, wegen der Möglichkeit die Lebhaftigkeit des Feuers felbfttätig zu regeln. Das ftetige Heizen fetzt aber voraus, dafs man

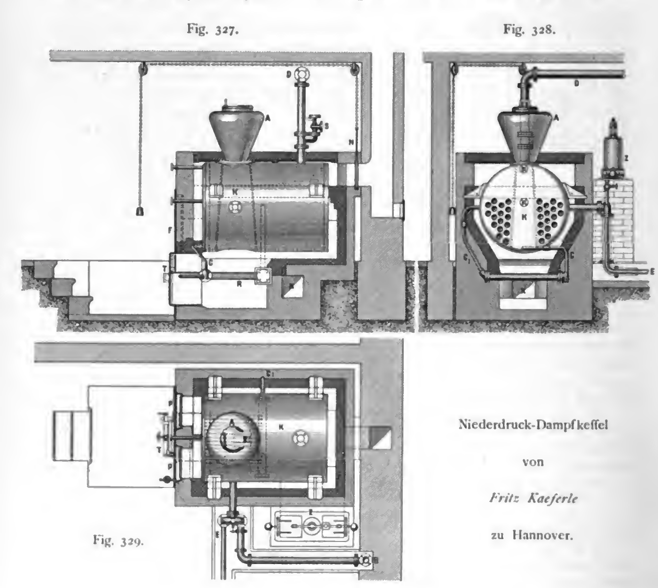


Fig. 327. Fig. 328. Fig. 329.

Niederdruck-Dampfkeffel von *Fritz Kaeferle* zu Hannover.

den Dampfentwickler 7 bis 8 Stunden lang ohne jede Bedienung laffen kann, und bedingt demnach grofse Räume, welche für jene Zeit genügenden Brennftoff aufnehmen können und diefen dem Feuer nach Bedarf felbfttätig zuführen. Einen folchen Füllraum bietet nun der *Bechem & Poft*'fche Keffel (Fig. 325) in Geftalt feines Mittelrohres. *Gebr. Körting* legen einen folchen Füllraum vor den liegenden Keffel[252]) und erzielen hierdurch manche Vorteile. *Kaeferle* in Hannover bringt den Füllraum für feinen liegenden Keffel zum Teil in diefem felbft unter. Fig. 327 zeigt diefe Anordnung im Langsfchnitt, Fig. 328 im Querfchnitt und Fig. 329 im Grundrifs.

[252]) Siehe: Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1869, S. 562.

Der guſseiſerne Trichter A iſt an den oberen Rand eines nach unten ſich erweiternden Rohres genietet, welches von oben bis unten durch den Keſſel reicht und den Brennſtoff (Koke) auf den Roſt R führt. Der Rauch beſpült die Unterſeite des Keſſels, indem er (ſiehe Fig. 327) von links nach rechts ſich bewegt, durchſtrömt dann eine Anzahl durch den Keſſel gelegter Rauchrohre (ſiehe Fig. 328) in entgegengeſetzter Richtung, ſteigt in zwei über dem Keſſel liegende Kanäle und entweicht alsdann in den Schornſtein. Vor den Rauchrohren befinden ſich zwei Putzöffnungen P (Fig. 329). Der Roſt R beſteht aus nebeneinander liegenden Rohren, die durch Querrohre miteinander verbunden ſind. Das eine dieſer Querrohre iſt durch das Rohr C mit dem tiefſten, das andere durch das Rohr C_1 mit einem höheren Punkte des Keſſelinneren verbunden, um das Waſſer zum Umlauf durch die den Roſt bildenden Rohre zu veranlaſſen. An C ſchlieſst ſich ein Waſſerablaſsventil. Die Tür T ſchlieſst gleichzeitig den Feuerraum und den Aſchenfallraum ab. Der Kanal X führt die vom Verbrennungsregler Z (von dem noch die Rede ſein wird) zugemeſſene Luft unter den Roſt. E bezeichnet das Rohr für das Niederſchlagwaſſer, B das ſog. Standrohr, D das Dampfrohr, S ein Sicherheitsventil und N den Rauchſchieber.

Seit etwa 1890 ſind für Dampfheizungen guſseiſerne Dampfentwickler in Aufnahme gekommen. Sie gaben anfänglich zu vielen

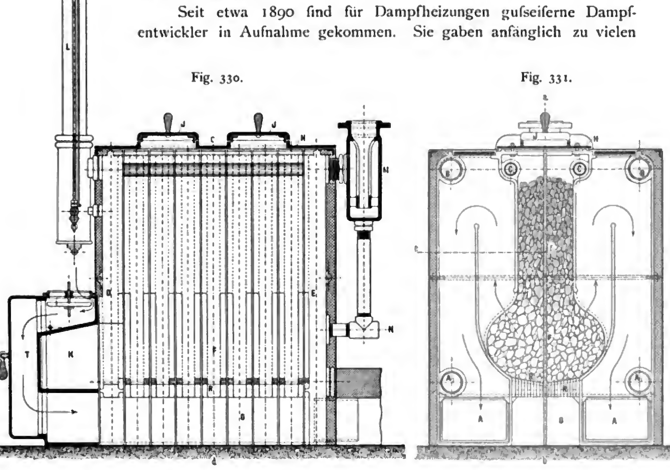


Fig. 330. Fig. 331.

Dampfentwickler von *Gebr. Körting* zu Hannover.

Ausſtänden Anlaſs, indem das ſpröde Guſseiſen durch Temperaturwechſel leicht zerſprang. Man hat im Gieſsen Fortſchritte gemacht und insbeſondere die Formen der Glieder, aus denen die Dampfentwickler zuſammengeſetzt ſind, verbeſſert[253]), ſo daſs jetzt dieſe guſseiſernen Dampfentwickler den aus Eiſenblech angefertigten vorgezogen werden.

Als Beiſpiel ſei der Dampfentwickler von *Gebr. Körting* in Hannover (Fig. 330 bis 332) angeführt.

[253]) Vergl.: MEYER, R. O. Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ing. 1896, S. 900.

Die Glieder *A*, *B*, *C*, *R*, deren Querfchnitt Fig. 332 darftellt, find in einiger Zahl aneinandergefügt; jede Reihe fchliefsen zwei Endglieder *D* und *E* ab. Beide Reihen find einander gegenübergeftellt und miteinander verfchraubt. Die Endglieder *D* bilden fodann die Vorderwand; fie enthalten Oeffnungen vor den Rechtecken *A* und Ausfchnitte, welche den Feuerraum *F* und den Afchenraum *G* zugänglich machen. Die beiden Endglieder *E* bilden die Hinterwand und find nur mit den den Rechtecken *A* entfprechenden Durchbrechungen verfehen. An der Vorderplatte *D* ift ein kaftenartiger Vorbau *K* befeftigt, welcher die Lufteinlafsventile *i* und die Tür *T* enthält, und auf beide Reihen die Deckplatte *H* gefchraubt, welche die durch Deckel *J* verfchliefsbaren Befchickungsöffnungen enthält. Durch die eigenartige Querfchnittsgeftalt der Glieder (Fig. 332) entftehen zwifchen ihnen Rauchkanäle, die den Rauch an die rechteckigen, zufammen weitere Kanäle bildenden Oeffnungen *A* abliefern. Diefe weiten Kanäle werden hinter dem Dampfentwickler zu einem einzigen zufammengezogen und find an der Vorderwand *D* mit Klappen verfehen, die fich öffnen, fobald die Tür *T* geöffnet wird.

Fig. 332.

Man erkennt aus Fig. 331 ohne weiteres, dafs der Rauch den im Füllfchacht befindlichen Brennftoff nicht durchftrömt, demnach der Widerftand nicht vom Grade der Füllung abhängig ift. Als Brennftoff ift nur Koke oder nichtbackende Steinkohle zu gebrauchen.

Die Wafferräume der Glieder erftrecken fich auch in die Vorfprünge, welche den Roft bilden. Somit werden auch hier die Stützflächen des Brennftoffes durch Waffer gekühlt. Deshalb haftet etwaige Schlacke nicht an den Roftflächen, fondern fpringt los und läfst fich in kleineren Stücken befeitigen. Die Wafferräume der einzelnen Glieder find bei *A* durch Nippel verbunden, ebenfo die Dampfräume bei *B*. *C* bezeichnet eine Abfteifung der Glieder. An der Kopfwand *D* ift der fpäter noch zu befchreibende Verbrennungsregler *L*, welcher gleichzeitig das Manometer enthält, befeftigt und an der Hinterwand *E* der Körper *M*. Diefer ift oben durch zwei Stutzen mit den Dampfräumen der Endglieder *E* verbunden und foll den Dampf nach oben abliefern. Ein darin befindliches gefchlitztes Rohr bezweckt, mitgeriffenes Waffer abzufcheiden. Letzteres wird den Speiferohren *N* zugeführt. Ein mit Glas verfchloffener Schlitz in *M* geftattet den Wafferftand des Dampfentwicklers zu beobachten. Letzterer ift mit einem fchlechten Wärmeleiter und dann mit Blech umkleidet.

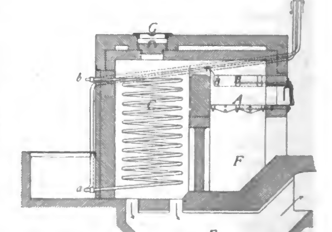
373.
Erwärmen des Waffers mittels Feuer.

Die zum Erwärmen des Waffers dienenden Einrichtungen unterfcheiden fich hauptfächlich wegen der Verfchiedenheit des Druckes, der in ihnen eintreten kann. Die Wärmeaufnehmer der Hochdruck-Wafferheizungen find deshalb ausfchliefslich aus ebenfolchen Rohren gebildet, wie fie zur Leitung des Waffers verwendet werden, während diejenigen der Niederdruck-Wafferheizungen vielfach an die Geftalt der Dampfkeffel erinnern oder Keffel find.

Fig. 333 ift der lotrechte Durchfchnitt eines gebräuchlichen Wärmeaufnehmers für Hochdruck-Wafferheizungen.

A bezeichnet die Feuerftelle. Die Luftzufuhr erfolgt teils durch die Roftfpalte, teils durch feitlich der Feuerftelle liegende Kanäle *B*, welche über dem Roft in den Feuerraum münden. Der Rauch überfchreitet die Feuerbrücke, befpült niederfteigend die fchraubenförmig gebogenen Rohre *C* und entweicht in den Rauchkanal *E*. Das zu erwärmende Waffer tritt bei *a* ein und verläfst die Schlange bei *b*. Die Hinterwand des Afchenfalles *F* ift »verloren« gemauert, fo dafs fie ohne grofse Umftände entfernt, fomit die Feuerfchlange

Fig. 333.



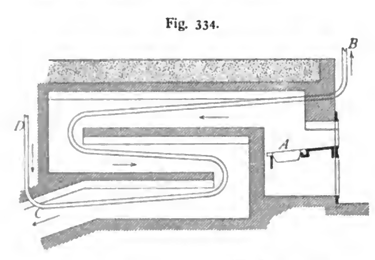
Feuerfchlange für Hochdruckheizung.
$^1/_{60}$ w. Gr.

zugänglich gemacht werden kann. Der Deckel *G* geftattet das Reinigen der Rohrfchlange von Flugafche.

Nach Umftänden legt man in den Schacht, in welchem die Feuergafe niederfteigen, mehrere Schlangen, welche jede für fich mit ihren Leitungs- und wärmeabgebenden Rohren eine befondere Heizung bilden.

Wegen der ungünftigen Befpülung der Rohroberfläche der vorliegenden Anordnung empfiehlt *Schinz* die Rohranlage, welche Fig. 334 verfinnlicht.

Fig. 334.



Wafferer wärmer für Hochdruckheizung von *Schinz*.
$^1/_{50}$ w. Gr.

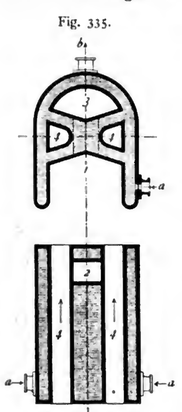
Von der Feuerftelle *A* aus durchftrömt der Rauch längs der Rohre *B*, *C* übereinander liegende Kanäle; das Waffer fliefst von *D* über *C* allmählich fteigend und in der der Rauchbewegung entgegengefetzten Richtung nach *B* und von dort zu den wärmeabgebenden Rohren.

Wegen der ftarken Abnutzung, welche die gemauerten Feuerftellenwände infolge des Zufammenfchmelzens der Afche mit dem Mauerwerk erfahren, bildet man diefe Wände zuweilen aus den das Waffer führenden Rohren [254]).

Andere Anordnungen find in den untengenannten Quellen [255]) befchrieben.

Das Erwärmen des Waffers der Mitteldruckheizungen findet meiftens in ähnlichen Einrichtungen ftatt; zuweilen benutzt man jedoch keffelartige Gefäfse, die bei den Niederdruckheizungen meiftens im Gebrauche find.

Fig. 335.



Heizkeffel für Niederdruckheizung von *Hartly & Sugden*.

Gewöhnliche, wie auch die verfchiedenen Röhrendampfkeffel find als Wafferheizkeffel brauchbar. Von den den Warmwafferheizungen eigenen Wärmeaufnehmern follen einige befchrieben werden.

Fig. 335 ftellt den Querfchnitt und wagrechten Längenfchnitt eines gufseifernen Keffels von *Hartly & Sugden* dar.

Der zugehörige wagrechte Roft liegt im Kanal *1*; von der Feuerftelle fteigt der Rauch durch den Kanal *2* nach oben, bewegt fich in *3* nach vorn und wird, durch eine im Mauerwerk ausgefparte Vertiefung, in die beiden Kanäle *4*, *4* geleitet, welche den Rauch wieder nach hinten führen. Nach Umftänden wird er noch weiter, mit Hilfe gemauerter Kanäle, um den Keffel geleitet.

Zani hat einen kupfernen Keffel in der Weife angeordnet, wie Fig. 336 im Längen- und Querfchnitt erkennen läfst.



254) Siehe: HAUSDING, A. Die Heizungs-, Ventilations- u. f. w. Anlagen der Aktiengefellfchaft *Schäffer & Walcker*. Berlin 1884.

255) Heizapparat für Heifswafferheizung von R. O. MEYER in Hamburg. Polyt. Journ., Bd. 234, S. 103.

Feuerung für Heifswafferheizung von FISCHER & STIEHL in Effen a. d. Ruhr. Polyt. Journ., Bd. 234, S. 372.

FISCHER. Das Gymnafium Andreaneum zu Hildesheim. Befchreibung der Heiz- und Ventilations-Einrichtungen. Zeitfchr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1870, S. 172.

Hier iſt im Raume *A* ebenfalls ein wagrechter Roſt angebracht, deſſen Feuergaſe zunächſt die gewölbte Decke des Raumes *A*, dann, den Spalt *B* durchſtrömend, die gewellte Fläche *C*, hierauf, im Raume *D* ſich wendend, die trommelförmige Fläche *E* beſpülen. Von *E* aus kann der Rauch noch um den Keſſel geführt werden. Das Waſſer tritt bei *F* ein und verläſst den Keſſel bei *H*.

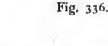
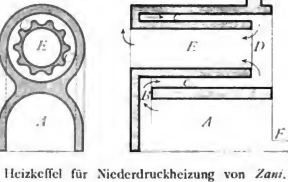
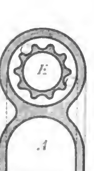
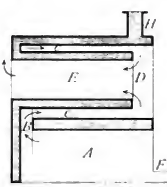


Fig. 336.

Heizkeſſel für Niederdruckheizung von *Zani*.

Bezüglich anderer derartiger Keſſel ſiehe die untengenannten Quellen[256].

Lotrechte Keſſel ſind im allgemeinen beliebter, da ſie die Anwendung einer Füllfeuerung bequemer machen.

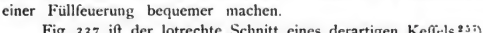



Fig. 337 iſt der lotrechte Schnitt eines derartigen Keſſels[257].

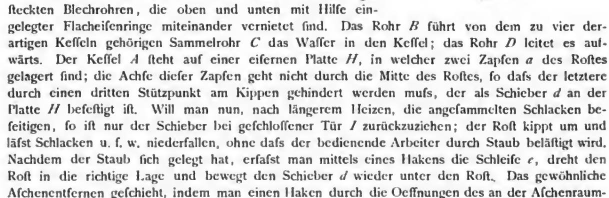
Er beſteht aus zwei ineinander geſteckten Blechtrommeln mit ſeitlichem Feuerungshalſe *B*. Die Feuerung iſt ſo wie die des *Meidinger*-Ofens; der Brennſtoff (Koke) wird von oben eingeworfen und ſtützt ſich auf die ebene Bodenplatte des inneren Keſſelteiles, im Feuerungshals eine entſprechende Böſchung bildend. Die Tür *C* iſt in der Mitte geteilt und jede Hälfte auf dem Gelenkbolzen verſchiebbar, ſo daſs man die Weite des entſtehenden Spaltes, der die Luft zum Feuer treten läſst, bequem regeln kann. Nach dem Niederklappen der Tür *C* vermag man Aſche und Schlacke herauszuziehen; bei gehöriger Vorſicht kann man das Feuer während des ganzen Winters ununterbrochen erhalten. Der Keſſel *A* iſt in einem gemauerten Schachte aufgeſtellt, ſo daſs zwiſchen ihm und der inneren Schachtwand ein Kanal ringförmigen Querſchnittes entſteht, in welchem der im Keſſel emporgeſtiegene Rauch ſich weiter abkühlend nach dem Rauchabführungskanal *E* niederſinkt. Der gemauerte Schacht iſt mittels des Deckels *D* geſchloſſen und das Mauerwerk mit einer eiſernen Platte abgedeckt. Durch das Rohr *F* gelangt das Waſſer in das Innere des Keſſels, ſteigt von hier aus, ſich erwärmend, empor und verläſst den Keſſel durch das Rohr *H*, welches ſeitwärts am Keſſel befeſtigt iſt.

Fig. 337.

Heizkeſſel für Niederdruckheizung von *Hermann Fiſcher*.

1/30 w. Gr.

Die Einrichtung eines gröſseren derartigen Keſſels ſtellt Fig. 338 in lotrechtem Schnitt dar[258].



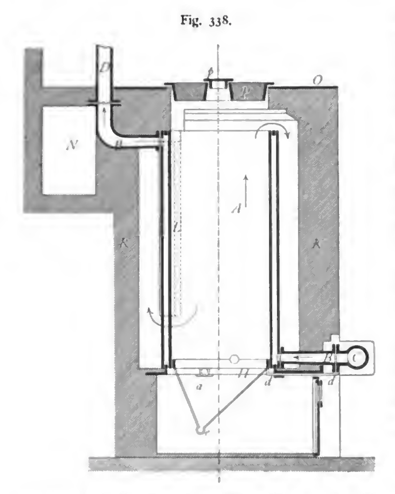
Der Keſſel *A* ſelbſt beſteht aus zwei ineinander geſteckten Blechrohren, die oben und unten mit Hilfe eingelegter Flacheiſenringe miteinander vernietet ſind. Das Rohr *B* führt von dem zu vier derartigen Keſſeln gehörigen Sammelrohr *C* das Waſſer in den Keſſel; das Rohr *D* leitet es aufwärts. Der Keſſel *A* ſteht auf einer eiſernen Platte *H*, in welcher zwei Zapfen *a* des Roſtes gelagert ſind; die Achſe dieſer Zapfen geht nicht durch die Mitte des Roſtes, ſo daſs der letztere durch einen dritten Stützpunkt am Kippen gehindert werden muſs, der als Schieber *d* an der Platte *H* befeſtigt iſt. Will man nun, nach längerem Heizen, die angeſammelten Schlacken beſeitigen, ſo iſt nur der Schieber bei geſchloſſener Tür *I* zurückzuziehen; der Roſt kippt um und läſst Schlacken u. ſ. w. niederfallen, ohne daſs der bedienende Arbeiter durch Staub beläſtigt wird. Nachdem der Staub ſich gelegt hat, erfaſst man mittels eines Hakens die Schleife *e*, dreht den Roſt in die richtige Lage und bewegt den Schieber *d* wieder unter den Roſt. Das gewöhnliche Aſchenentfernen geſchieht, indem man einen Haken durch die Oeffnungen des an der Aſchenraum-

[256] Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ing. 1883, S. 532; 1885, S. 891.

[257] Siehe: Polyt. Journ., Bd. 221, S. 423.

[258] Siehe ebendaſ.

Fig. 338.



Heizkeffel für Niederdruckheizung von *Hermann Fifcher.*
1/30 w. Gr.

tür *I* befindlichen gefchlitzten Schiebers — der fonft zur Regelung des Luftzutrittes dient — fteckt und von unten in die Roftfpalte führt. Rings um den Keffel ift durch das Mauerwerk *K* ein ringförmiger Raum gebildet, welchen die diagonal liegenden (punktierten) Zungen *L* in zwei gleiche Teile zerlegen. Der Rauch bewegt fich, nachdem er im Keffel emporgeftiegen ift, in dem einen Teile nach unten, in dem anderen Teile nach oben zu dem mehreren Keffeln gemeinfamen Rauchkanal *N*.

Andere Heizkeffel findet man in den untengenannten Quellen[259]) befchrieben.

Die Heizkeffel der Waffer- und Dampfheizungen werden häufig von Dienftboten bedient. Deshalb find die Mittel, welche gegen die durch Ueberheizen entftehenden Gefahren fchützen, von einiger Bedeutung.

Bei den Warmwafferheizungen find die Ausdehnungsgefäfse (fiehe Art. 330, S. 295) neben ihrem eigentlichen Zweck folche Sicherheitsmittel: überfchreitet die Waffertemperatur 100 Grad, fo tritt Dampfentwickelung ein, und es wird Waffer mit folchem Getöfe in das Ausdehnungsgefäfs geworfen, dafs Aufmerkfamkeit erreicht wird. Weiter reicht diefes Schutzmittel nicht.

Aehnlich ift es mit dem für Niederdruck-Dampfkeffel vorgefchriebenen Standrohre. Taucht diefes mit feinem unteren Ende in das Waffer des Keffels, fo wird eine gewiffe Waffermenge hinausgefchleudert, fo dafs nunmehr der Dampf freien Austritt hat. Das ausgeworfene Waffer fehlt dann dem Keffel; man mufs letzterem alfo wieder Waffer zuführen. Dies wird vermieden, wenn man das ausgeworfene Waffer felbfttätig in den Keffel zurückfliefsen läfst. Diefem Zweck dienen verfchiedene Einrichtungen; ich befchränke mich darauf, die von *Kaeferle* angewendete (Fig. 339) kurz zu befchreiben.

Das in das Keffelwaffer tauchende Rohr ift über den Keffel hinausgeführt, und aufserhalb des Keffels ift das hier zu befchreibende Rohr mittels des Flanfches *F* befeftigt. Es bildet zunächft eine nach unten hängende Schleife und endigt in einem Gefäfs *G*. Ein genügend hohes Luftrohr *L* hindert eine etwaige Heberwirkung, und das heifse Keffelwaffer ift vom kalten Stand-

[259]) FISCHER, H. Die Heizung und Luftung gefchloffener Raume auf der internationalen Ausftellung für Gefundheitspflege und Rettungswefen in Brüffel 1876. Polyt. Journ., Bd. 222, S. 6.

FISCHER, H. Feuerung des Waffererwärmungskörpers von der »Berliner Actiengefellfchaft für Central-Heizungs-Waffer- und Gasanlagen, vormals SCHAFFER & WALCKER«. Polyt. Journ., Bd. 226, S. 12.

FISCHER, H. Oefen für Waffer- und Dampfheizungen. Polyt. Journ., Bd. 231, S. 295.

Bericht über die Weltausftellung in Philadelphia 1876. Herausgegeben von der öfterreichifchen Commiffion. Heft 17: Heizung, Ventilation und Wafferleitungen. Von L. STROHMAYER. Wien 1877. S. 41.

Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1883, S. 532; 1893, S. 1482; 1896, S. 898.

rohrwaſſer inſofern getrennt, als erſteres, ſoweit es in den linksſeitigen Schenkel der Schleife gelangt, als das heiſsere Waſſer über dem kälteren bleibt. Steigt der Keſſeldruck über das erlaubte Maſs hinaus, ſo ergieſst ſich das Waſſer in das Gefäſs, und etwaiger Dampf ſtrömt durch *D* ab. Eine kleine Oeffnung *l* geſtattet dem Waſſer aus dem Gefäſs *G* in das Rohr zurückzufließen. Der Trichter *T* dient zum Nachfüllen von Waſſer.

Fig. 339.

Standrohr von *Fritz Kaeferle.*

Man hat bei Waſſerheizkeſſeln verſucht, das Feuer ſelbſttätig dämpfen zu laſſen, und zwar unter der mit Zunahme der Waſſertemperatur ſich ſteigernden Dehnung eines hierzu beſonders geeigneten Rohres; allein dieſe Verſuche ſind bisher an der Geringfügigkeit der genannten Dehnung geſcheitert. Man hat durch das Waſſer einen kleinen Weingeiſt-Dampfkeſſel geheizt, um durch die Spannung der Weingeiſtdämpfe kräftiger eingreifen zu laſſen; auch dieſe Verſuche haben nicht den erwarteten Erfolg gehabt, indem die Weingeiſtdämpfe durch geringe Undichtheiten des zugehörigen Rohrwerkes allmählich entweichen und vergeſſen wird, rechtzeitig den Verluſt zu erſetzen. Daher eignen ſich die Waſſerheizungen wenig zu ſtetigem Betrieb, weil bei unvorſichtiger Behandlung das »Ueberkochen« in der Nacht ſtattfinden und dadurch groſser Schaden eintreten kann.

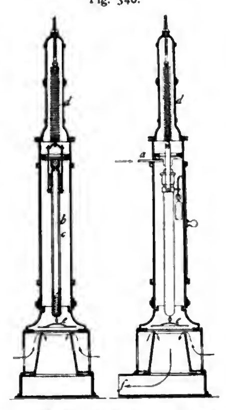
Anders iſt es bei Dampfheizungen. Der Dampf von 100 Grad C. hat 0 kg für 1 qm Ueberdruck (vergl. Art. 307, S. 262); bei 101 Grad ſind ſchon 500 kg für 1 qm und bei 104 Grad ſchon 2000 kg für 1 qm Ueberdruck verfügbar. Geringe Temperaturerhöhungen machen ſich alſo durch ziemlich groſse Kräfte bemerkbar, die auch längs groſser Wege benutzt werden, alſo zu gröſserer Arbeitsleiſtung verwendet werden können.

Man benutzt dieſe Kräfte, um mittels Klappen oder Ventile den Zutritt der Luft zum Feuer zu beſchränken. Hiermit kommt man jedoch nicht immer aus, indem durch Zufälligkeiten (z. B. Wind) der Schornſteinzug derart geſteigert werden kann, daſs, trotz geſchloſſenen Luftventils, vermöge kleiner Undichtheiten noch reichlich Luft eingeſogen wird. Man droſſelt deshalb zuweilen auch den Rauch oder führt kalte Luft in den Schornſtein, um ſeine Saugkraft zu ſchwächen oder gar kalte Luft in die Rauchzüge, um kühlend auf die Keſſelflächen zu wirken.

Zuerſt führte ſich der Verbrennungs- oder Zugregler von *Bechem & Poſt* ein; Fig. 340 ſtellt eine Ausführungsform in zwei lotrechten Schnitten dar.

Der Kanal *f* führt die durch Schlitze des Ständerfuſses eingetretene Luft dem Feuer zu; die Ventilplatte *e* hat den Zweck, den Luftzutritt bei ſteigender Dampfſpannung zu verengen. Zu dieſem Zwecke hängt ſie an dem oben offenen, zum Teile mit Queckſilber gefüllten Rohre *c*, das ſeinerſeits mittels zweier Hängeeiſen an die lange Schraubenfeder *d* gehängt iſt. In das Queckſilber

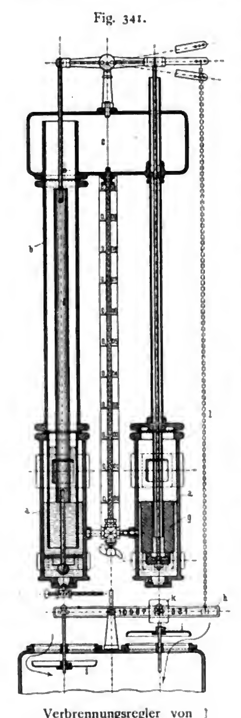
Fig. 340.



Selbſttätiger Regler von *Bechem & Poſt.*

taucht das unten offene, feſte Rohr *b*, welches vermöge des Rohres *a* mit dem Dampfraume des Dampfentwicklers in Verbindung ſteht. Somit wirkt der Dampfdruck auf das Rohr *c*; ſteigt er, ſo drückt er *c* und damit *e*, unter Anſpannung der Feder *d*, nieder und ſchlieſst nach Umſtänden den Luftzutritt vollſtändig ab. Im rechtsliegenden Teile von Fig. 340 bemerkt man ein an den Ständer gehängtes Gewicht, welches man an einen kleinen Arm des Rohres *c* hängt, ſobald der Luftzutritt zum Feuer dauernd abgeſperrt werden ſoll. Wertvoll iſt an dieſem Regler ſeine Unzugänglichkeit für unbefugte Hände; die angedeutete Schiebetür iſt mit Schloſs verſehen.

Fig. 341.

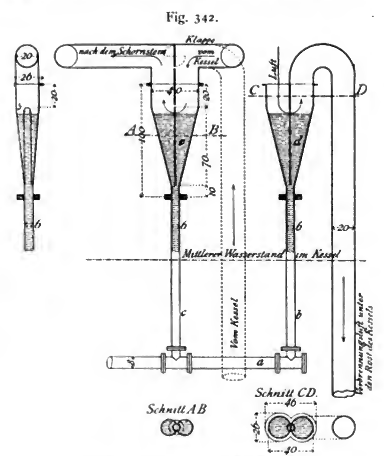


Verbrennungsregler von *Gebr. Körting.*

Dieſer Verbrennungsregler droſſelt nur die eintretende Luft. Ihm iſt inſofern ein neuer Verbrennungsregler von *Gebr. Körting* verwandt, der aber gleichzeitig mehrere andere, die Sicherheit des Betriebes fördernde Einrichtungen beſitzt. Fig. 341 ſtellt ihn in lotrechtem Schnitt dar.

Am Dampfentwickler, z. B. an dem durch Fig. 330 bis 332 abgebildeten, ſind zwei Hohlkörper *a* ſo befeſtigt, daſs je die untere Verbindung ſich an den Waſſerraum, die obere an den Dampfraum anſchlieſst. Dieſe Hohlkörper tragen mit Hilfe eines weiteren und eines engeren Rohres den Kaſten *c*, und auf dieſem befindet ſich der Ständer eines Wagbalkens. Am linksſeitigen Ende dieſes Wagbalkens hängt der lange Schwimmer *d*, am rechtsſeitigen Ende der

Fig. 342.



Selbſttätiger Regler von *Käuffer & Co.*

kurze Schwimmer *g*. Die Verhältniſſe ſind ſo gewählt, daſs, wenn kein Dampfdruck vorhanden iſt, das untere Ende von *d* und das obere Ende von *g* in der Waſſerlinie ſich befinden, d. h. *g* ganz in das Waſſer getaucht iſt, *d* aber gar nicht. Am rechtsſeitigen Ende des Wagbalkens iſt ferner eine Kette *l* befeſtigt, die unten mit dem Hebel *h* verbunden iſt. An *h* hängen zwei Lufteintritts-

ventile *i*. Steigt der Dampfdruck, fo fteigt auch das Waffer im Rohre *b*, das vermöge einer Verlängerung faft bis zum Boden von *a* hinabreicht. Somit wird *d* leichter, während *g* mit dem früheren Druck auf den Wagbalken wirkt. Diefer fenkt fich daher rechts, und die Ventile nähern fich ihren Sitzen, bei weiterem Steigen des Dampfdruckes bis zum Ventilfchlufs. Steigt der Dampfdruck noch weiter, fo fchliefst eine am unteren Ende von *d* hängende Kugel den Zutritt des Waffers nach dem linksfeitigen Hohlkörper *a* ab; das in *b* befindliche Waffer kann durch den Dampfdruck in den Kaften *c* geworfen werden, worauf der Dampf abzuftrömen vermag. Nunmehr würden, da *d* nicht mehr vom Waffer emporgedrückt wird, die Luftventile *i* wieder geöffnet werden. Dem wirkt der Schwimmer *g* entgegen. Durch den Verluft des ausgeworfenen Waffers ift der Wafferfpiegel im Dampfentwickler und demnach auch im rechtsfeitigen Hohlkörper *a* gefunken, der Schwimmer *g* alfo fchwerer geworden. Der Hebel *h* ift mit einem Laufgewicht *k* ausgeftattet, durch deffen Verfchieben der Luftabfchlufs für andere Dampfdrücke eingeftellt werden kann. Zwifchen den beiden Hohlkörpern *a* und mit diefen verbunden ift ein Glasrohr angebracht, welches den Dampfüberdruck erkennen läfst. Auf der in Fig. 341 dargeftellten Gradleiter ift der Dampfdruck in Atmofphären angegeben.

Käuffer & Co. in Mainz benutzen das auffteigende Waffer des Standrohres unmittelbar zum Befchränken des Luftzutrittes; fie pflegen die gleiche Einrichtung auch für den Rauchabzug anzuwenden. Fig. 342 ftellt den Zugregler in feiner paarweifen Anordnung dar.

Die beiden Regler *d* und *e* find mittels der Rohre *b* und *c*, bezw. *a* mit dem Wafferraume des Keffels in freier Verbindung. Sie beftehen aus zwei Gefäfsen, deren Hohlräume indeffen nur oben durch eine Scheidewand voneinander getrennt find, während in den unteren Hohlräumen auf etwa 4/5 der Höhe ein 5 cm weiter Schlitz diefer Wand eine freie Verbindung herftellt, durch welche — beim Regler *d* — die zum Feuer zu leitende Luft, bezw. — beim Regler *e* — der vom Keffel kommende Rauch ftrömt. Sobald jedoch der Dampfdruck gröfser wird, fteigt das Waffer in den Reglern empor, verengt den Schlitzquerfchnitt und hemmt dadurch den Zug. Ueber dem Regler für den abziehenden Rauch ift eine Droffelklappe angebracht, um diefen nach Umftänden unbehindert in den Schornftein gelangen zu laffen.

Als Beifpiel eines Verbrennungsreglers, der kalte Luft in den Schornftein treten läfst, fobald der Dampfdruck zu hoch fteigt, führe ich hier den zu Fig. 327 bis 329 (S. 336) gehörigen *Kaeferle*'fchen Zugregler an. Fig. 343 u. 344 ftellen ihn in lotrechtem Schnitt und Grundrifs dar.

Auf das Mauerwerk, welches die Kanäle *Y* für die Abkühlungsluft und *X* für die Verbrennungsluft enthält, ift ein gut eingehülltes Gefäfs *J* gefetzt. Sein obenliegender Boden trägt ein Böckchen, das als Stützpunkt für den Wagbalken *H* dient. Gleichachfig mit *J* ragt in diefes Gefäfs das Rohr *C*, wodurch zwifchen der Wand von *J* und *C* ein Raum ringförmigen Querfchnittes entfteht; er ift zum Teil mit Queckfilber gefüllt. Eine

Fig. 343.

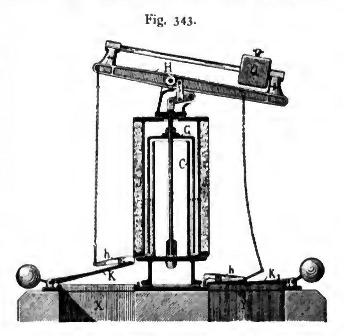
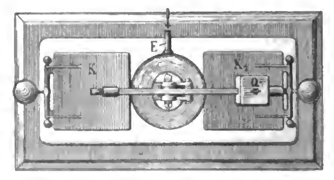


Fig. 344.



Verbrennungsregler von *Fritz Kaeferle*.

Glocke G, die, unter Vermittelung von Hebelwerk, am Wagbalken H hängt, taucht mit ihrem unteren Ende in das Queckfilber. Vermöge des Röhrchens E, welches fo verlegt ift, dafs das in ihm und in C fich bildende Niederfchlagwaffer nach dem Keffel zurückfliefst, ift der Innenraum von C mit dem Dampfraum des Keffels in freie Verbindung gefetzt. Der Dampfdruck wirkt auf die Glocke G, hebt diefe, wenn er fteigt, und bewirkt dadurch Sinken des linksfeitigen Endes des Wagbalkens H und damit der am Wagbalken hängenden Klappe K. Ift bei weiterem Steigen des Dampfdruckes die Klappe K gefchloffen, und fteigt der Dampfdruck trotzdem noch, fo beginnt der rechtsfeitige Arm des Wagbalkens die Klappe K_1 zu heben, fo dafs durch Y kalte Luft in den Schornftein gelangt. Da auf die gefchloffene Klappe der Schornfteinzug drückt, fo erfordert ihr Anheben gröfsere Kraft. Deshalb ift die zum Heben dienende Kette nicht unmittelbar, fondern unter Vermittelung eines Hebels h mit der Klappe verbunden. Bei gefchloffener Klappe legt fich das kürzere Ende von h auf eine Nafe, fo dafs für das Anheben der Klappe die Zugkraft der Kette etwa dreimal fo ftark wirkt als nach dem Anheben. Das Laufgewicht Q wird verfchoben, wenn man einen höheren oder geringeren Dampfdruck haben will.

Ueber zahlreiche, aufserdem teils im Gebrauch befindliche, teils vorgefchlagene Zugregler, welche den Dampfdruckwechfel benutzen, geben die untengenannten Quellen [260]) Auskunft.

374. Berechnung der Heiz- und Roftflächen.

Die nötigen Heizflächen werden wie folgt berechnet.

Bei Heifswafferheizungen wird faft immer Gegenftrom angewendet, fo dafs die Heizfläche nach Formel 30 (S. 131) ift:

$$F = \frac{W}{k} \frac{\log. \text{ nat. } \dfrac{T_1 - t_2}{T_2 - t_1}}{T_1 - T_2 - (t_2 - t_1)} .$$

Die Temperatur des Feuers T_1 nimmt man zu 1200 Grad, diejenige des abziehenden Rauches T_2 zu 300 Grad, die Temperatur des heifseren Waffers t_2 zu 200 Grad, jene des zurückkehrenden Waffers t_1 zu 50 Grad an. Alsdann wird

$$F = \frac{W}{k} \, 0{,}0017 .$$

Der äufsere Rohrdurchmeffer ift $0{,}025$ m, alfo die äufsere Rohrfläche — welche wegen der grofsen Wärmeleitungsfähigkeit von Waffer in Metall hier als mafsgebend angenommen werden mufs — eines $\mathfrak{L}_1$ langen Rohres

$$F = 0{,}025 \, \pi \mathfrak{L}_1, \text{ bezw. } = 0{,}033 \, \pi \mathfrak{L}_1 .$$

Wegen der grofsen Verfchiedenheit der Rohrweite und des äufseren Rohrdurchmeffers darf man k nicht gröfser als 13 nehmen, fo dafs durch Einfetzen diefes Wertes und Gleichfetzen beider für F genannten Ausdrücke entfteht:

$$\text{für } 0{,}025 \text{ m dicke Rohre: } \mathfrak{L}_1 = 0{,}0017 \, W = \frac{W}{590}; \quad \ldots \quad 160.$$

$$\text{für } 0{,}033 \text{ m dicke Rohre: } \mathfrak{L}_1 = 0{,}00125 \, W = \frac{W}{800}. \quad \ldots \quad 161.$$

Redtenbacher gibt für die erftere Rohrart den Wert $\mathfrak{L}_1 = \frac{W}{425}$ an, was wegen des früher gebräuchlichen Zufammendrängens der Rohre als berechtigt bezeichnet werden kann.

Die Roftfläche für Kohlen- und Kokeheizung wählt man gewöhnlich zu

$$R = \frac{W}{200\,000} \text{ bis } \frac{W}{300\,000} \text{ Quadr.-Met.} \quad \ldots \quad 162.$$

---

[260]) Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1866, S. 670; 1888, S. 777. — Gefundh.-Ing. 1888, S. 221.

Wärmeaufnehmer der Niederdruck-Waſſerheizungen ſind ſelten für Gegenſtrom eingerichtet. Da der Wert $t_2 - t_1$, d. h. die Temperaturzunahme des Waſſers gering iſt, ſo rechnet man nach Formel 31 (S. 131):

$$F = \frac{W}{k} \frac{1}{\frac{T_1 + T_2 - (t_1 + t_2)}{2}},$$

ſetzt $k = 15$ bis 18, je nach der mehr oder weniger günſtigen Lage der Heizflächen, $T_1 = 1200$, $T_2 = 200$, $t_1 = 60$, $t_2 = 90$ Grad und erhält alsdann

$$F = \frac{W}{11\,150} \text{ bis } \frac{W}{9290} \text{ Quadr.-Met.}, \quad \ldots \ldots \quad 163.$$

wofür im Mittel genommen zu werden pflegt:

$$F = \frac{W}{10\,000} \text{ Quadr.-Met.} \quad \ldots \ldots \quad 164.$$

Die Roſtfläche macht man im Durchſchnitt

$$R = \frac{F}{20} \text{ bis } \frac{F}{25}. \quad \ldots \ldots \quad 165.$$

Die Wärmeaufnehmer der Mitteldruck-Waſſerheizungen werden, je nach ihrer Konſtruktion, nach Formel 161 u. 162 oder 163 u. 165 berechnet.

375. Erwärmen des Waſſers mittels Dampf.

Das Waſſer wird auch mittels Dampfes erwärmt. Wegen des groſsen Wärmeüberleitungsvermögens aus Dampf in Waſſer (ſiehe Art. 153, S. 124) genügen hierfür kleine Heizflächen. In manchen Fällen iſt lediglich ein Rohr in den Waſſerbehälter geſteckt, in anderen dieſes Rohr zu einer Schlange gebogen. Beiſpiele hierfür findet man in den untengenannten Quellen[261]). Man kann im Mittel für 1 Grad Temperaturunterſchied zwiſchen Waſſer und Dampf 1 qm Heizfläche und 1 Stunde auf die Ueberführung von 1000 Wärmeeinheiten rechnen.

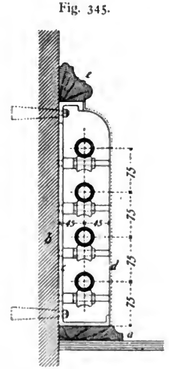
376. Wärmeſtrahler der Hochdruckheizungen.

Die Wärmeſtrahler der Hochdruck-Waſſerheizungen beſtehen aus längs den Wänden liegenden Rohren, aus Schlangen oder aus ſchmiedeeiſernen Rohren, welche mit guſseiſernen Rippen verſehen ſind[262]).

Fig. 345 ſtellt beiſpielsweiſe den Querſchnitt einer Rohranordnung längs einer Wand dar.

Auf dem Fuſsboden iſt eine Fuſsleiſte *a* befeſtigt; über ſie erheben ſich die an die Wand *b* geſchraubten Rohrträger *c*, welche die Rohre mittels Rollen unterſtützen. An *c* ſind dünne eiſerne Bügel und die Ziervergitterung *d* geſchraubt, und eine Leiſte *e* ſchlieſst das Ganze oben ab. Die Befeſtigung der Bügel mit dem Ziergitter *d* iſt derart gewählt, daſs letzteres, behufs Reinigens der Heizrohre von anhaftendem Schmutz, leicht gelöſt werden kann.

Fig. 345.

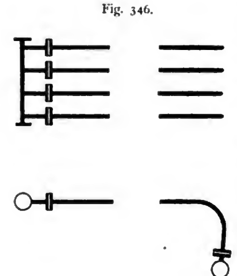


Rohranordnung für eine Hochdruck-Waſſerheizung.

Den Rohren iſt ſelbſtverſtändlich freie Ausdehnbarkeit zu gewähren. Dies bedingt, entweder jedes Rohr gewiſſer-

[261]) Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ing. 1882, S. 439; 1883, S. 537; 1884, S. 737.

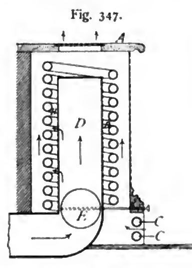
[262]) Siehe: FISCHER, H. Dampf- und Warmwaſſer-Heizungskörper des Eiſenwerkes Kaiſerslautern. Polyt. Journ., Bd. 226, S. 225.


Fig. 346.

maſsen ſelbſtändig zu machen, oder — nach der Aufriſs- und Grundriſszeichnung in Fig. 346 — jedes der Rohre mit einer beſonderen Biegung zu verſehen, da nicht anzunehmen iſt, daſs ſämtliche Rohre jederzeit gleich warm ſind.

Eine gebräuchliche Einrichtung einzelner Heizkörper läſst der lotrechte Durchſchnitt in Fig. 347 erkennen. Unterhalb der Fenſterbank *A* liegen die Windungen *B* der Heizſchlange, welcher eines der Rohre *C* das Waſſer zuleitet, während das andere zu deſſen Zurückführung dient. Die Rohre *C* dienen gewöhnlich mehreren derartigen Schlangen (vergl. Art. 310, S. 273) und ſind ſelbſt Heizrohre, da ſie hinter einem Gitter den Wänden entlang laufen. Eine Ventilanordnung (vergl. Art. 334, S. 300) geſtattet, daſs man das Heizwaſſer ganz oder teilweiſe durch die Schlange *B* ſtrömen läſst oder ganz von dieſer abſperrt. Die Luft, welche ſich an den Rohren *B* erwärmt, ſteigt nach oben und veranlaſst die kältere Zimmerluft, von unten einzutreten.

Fig. 347.



Wärmeſtrahler für Hochdruckheizung. — $^1/_{20}$ w. Gr.

In der Mitte der Heizſchlange befindet ſich ein Blechkaſten, deſſen Wände durchbrochen ſind. Er ſteht mit einer Leitung, die friſche Luft führt — und vielleicht unmittelbar in das Freie mündet — in Verbindung, ſobald die Droſſelklappe *E* geöffnet iſt. Man vermag deshalb friſche Luft an den Rohren *B* ſich erwärmen und im erwärmten Zuſtande in das Zimmer treten zu laſſen.

Die Lage des Warmluftgitters in der Fenſterbank, wie überhaupt in der wagrechten Abdeckplatte iſt nicht zweckmäſsig, weil durch die Oeffnungen des Gitters leicht Schmutz niederfällt und auf den Heizflächen ſich ablagert. Man zieht daher neuerdings vor, ſowohl die Warmluftöffnung als auch die Zutrittsöffnung für die zu erwärmende Luft in die Vorderwand des Mantels zu legen.

Aehnliche Rohrſchlangen finden in Wandſchränken und beſonderen Heizkammern Aufſtellung; ſie werden auch zu Mitteldruck- und Niederdruck-Waſſerheizungen, ſowie zu Dampfheizungen verwendet und haben gemeiniglich — da man es verſteht, die Rohre durch Zuſammenſchweiſsen einzelner Stücke ſehr lang zu machen — den Vorzug, daſs ſie mit weniger Verbindungsſtellen behaftet ſind und, da ſie geringe Weite haben, den notwendigen Dehnungen leicht nachgeben.

377.
Oefen für Warmwaſſer- und Dampfheizung.

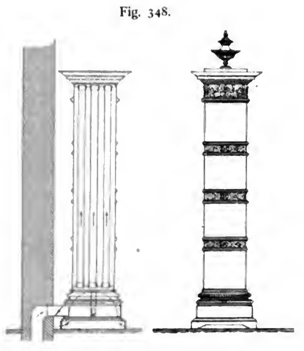
Für Warmwaſſer- und Dampfheizungen ſind auſserdem vielfache Formen der Wärmeſtrahler oder Oefen gebräuchlich; hier ſoll eine kleine Ausleſe gegeben werden. Ein beliebter Ofen[263]) iſt durch Fig. 348 im lotrechten Durchſchnitt und in der Anſicht dargeſtellt.

Man bemerkt, daſs auf einen Sockel eine Blechtrommel geſtellt iſt, durch deren Böden eine Zahl oben und unten offener Rohre führt. Den Raum zwiſchen

263) Die Abbildung iſt von *Aird & Marc* in Berlin.

der Aufsenwand und den foeben genannten Rohren füllt das warme Waffer oder der Dampf aus. Die Aufsenfläche des Ofens fteht mit der Zimmerluft in Berührung, während den Innenwänden der Rohre entweder die Zimmerluft (nach Oeffnen zweier im Sockel liegender Klappen) oder frifche Luft (nach Oeffnen der Droffelklappe im Luftzuführungskanal) zur Erwärmung dargeboten wird.

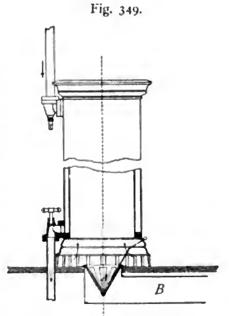
Fig. 348.



Ofen für Warmwafferheizung.

Die Rohre diefes Ofens find im Vergleich zu ihrer Länge fehr eng, fo dafs in einiger Höhe der Temperaturunterfchied zwifchen Waffer und Luft ein geringer wird, alfo die Wärmeabgabe für jedes Quadr.-Meter der Fläche von der durchfchnittlichen Wärmeabgabe weit entfernt bleibt (vergl. Art. 378, S. 354). Es ift deshalb vorzuziehen, wenige, aber weitere Rohre zu verwenden. Fig. 349 zeigt einen derartigen Ofen mit nur einem inneren Rohre; er befteht aus zwei ineinander gefteckten, oben und unten verbundenen Blechtrommeln, die auf einem Sockel ruhen. Die Innenfläche des Rohres dient entweder zum Wiedererwärmen der Zimmerluft oder zum Erwärmen der frifchen Luft, welche der Schieber *A* aus dem Blechrohre *B* zuftrömen läfst.

Fig. 349.

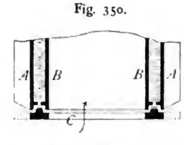


Ofen für Warmwafferheizung.
1/20 w. Gr.

Hinter Mänteln oder in Heizkammern verwendet man ähnliche Oefen einfacherer Geftalt. Fig. 350 zeigt z. B. den teilweifen lotrechten Schnitt eines Ofens von *d'Hamelincourt*. Beide Trommeln *A* und *B* find aus Gufseifen angefertigt, die äufsere *A* auch mit Rippen verfehen. Die Verbindung beider ift oben und unten durch je einen Ring *C* bewirkt.

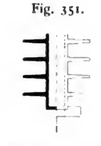
Des geringeren Raumbedarfes halber geftaltet man die Oefen häufig plattenförmig. Man nietet z. B. zwifchen die Ränder ebener Blechtafeln einen Flacheifenring und fteift die Platten in der nötigen Zahl von Punkten mittels Stehbolzen ab. Beliebt find die gufseifernen Heizkaften mit Rippen (Fig. 351 in teilweifer Auffsicht und teilweifem wagrechten Schnitt), von welchen oft mehrere zufammengebaut werden. Man ftellt fie unter den Fenfterbänken, in Wandfchränken und in Heizkammern auf. Das Aufftellen in einem Wandfchrank zeigt Fig. 352 (*Aird & Marc* in Berlin) in Querfchnitt und Vorderanficht. *A* bezeichnet den gufseifernen, mit Rippen verfehenen Heizkaften; *C* den Mantel, welcher teils aus geftanztem Blech, teils aus Zinkgufs befteht; *a* eine Klappe, welche geftattet, entweder den Luftzuflufs aus dem Zimmer oder denjenigen aus dem Frifchluftkanal *B* abzufperren,

Fig. 350.



Ofen für Warmwaſſerheizung von *d'Hamelincourt.*

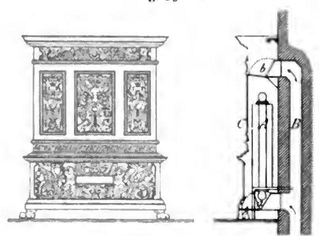
Fig. 351.



Heizkaſten für Warmwaſſerheizung.



Fig. 352.



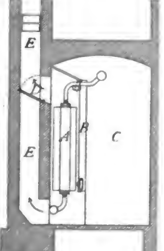
Heizkörper für Warmwaſſerheizung von *Aird & Marc* in Berlin.

bezw. beide teilweiſe freizuhalten; *b* eine Klappe, welche entweder der erwärmten Luft oder der unerwärmten friſchen Luft oder beiden gleichzeitig den Eintritt in das Zimmer geſtattet.

Fig. 353 iſt der lotrechte Durchſchnitt einer Aufſtellung dieſes Ofens in der Heizkammer. *A* bezeichnet den Ofen, *B* die verſchiebbare Vorderwand der Heizkammer, *C* den Friſchluftkanal. Je nach der Stellung der Miſchklappe *D* muſs die friſche Luft entweder den Ofen *A* beſpülen oder gelangt durch den Kanal *E* in unerwärmtem Zuſtande nach dem Orte ihrer Beſtimmung oder ſtrömt endlich teilweiſe durch die Heizkammer, teilweiſe durch den Kanal *E*.

Recht niedlich ſind die Heizkaſten, welche Fig. 354 verſinnlicht[264]). Unter der Fenſterbank iſt ein guſseiſerner Kaſten *A* eingelegt, deſſen Deckel *B* aus Meſſing angefertigt und mit zahlreichen Rippen verſehen iſt. *C* bezeichnet den Knopf des Ventils, mittels deſſen der Umlauf des Waſſers geregelt oder abgeſperrt werden kann. Die Platte *B* erwärmt die im Zimmer befindliche Luft unmittelbar; an die Rückſeite des Kaſtens *A* wird die Luft beſonders geleitet.

Fig. 353.



Warmwaſſerofen für Heizkammern.

Einen eigenartigen Wärmeſtrahler, welchen *Käuffer & Co.* in Mainz für Niederdruck-Dampfheizungen verwenden, ſtellt Fig. 355 in Anſicht dar.

Der Dampf tritt in den Fuſs eines guſseiſernen Mittelkörpers und wird in einer darin vorhandenen rohrartigen Ausſparung zu dem an ſeinem Kopfe befindlichen Regelungsventil geführt. Von dort tritt der Dampf in die Haupthöhlung des guſseiſernen Körpers, in den die ſchmiedeeiſernen, hufeiſenförmigen Rohre frei münden, ſo daſs der Dampf in ſie einzutreten und das Waſſer abzufließen vermag. Das Niederſchlagwaſſer entweicht aus dem Fuſs des guſseiſernen Ständers.

Fig. 354.

Heizkaſten für Warmwaſſerheizung.

Um den Wärmeſtrahler billig und doch gut herſtellen zu können, haben *Gebr. Körting* in Hannover ſeit dem Jahre 1876 Glieder-

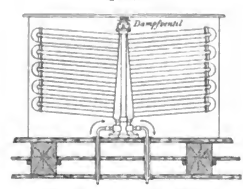


264) Siehe: Polyt. Journ., Bd. 222, S. 9.

öfen eingeführt. Diefe werden jetzt von zahlreichen Fabriken verfertigt und haben die älteren Einrichtungen faft verdrängt.

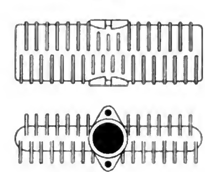
Fig. 356 zeigt ein einfaches ftabförmiges Glied, welches aus einem platten, an beiden Enden verfchloffenen, mit Rippen verfehenen Rohre und zwei einander gegenüberliegenden Stutzen befteht. Den unteren Stutzen des unterften Gliedes eines Ofens fchliefst ein gufseiferner

Fig. 355.



Warmwafferofen von *Käuffer & Co.* in Mainz.

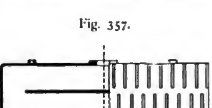
Fig. 356.



Warmwafferofen von *Gebr. Körting* in Hannover.

Fufs, der zum Ableiten des Niederfchlag- oder abgekühlten Waffers geeignet eingerichtet ift, den oberen Stutzen des oberen Gliedes eine Platte, in welcher die Dampf-, bezw. Wafferleitung mündet; im übrigen legt fich Glied auf Glied. Ein folches etwa 0,60 m langes Glied hat etwa 0,9 qm Heizfläche, die Rippenfläche eingefchloffen.

Fig. 357.



Die doppelten ftabförmigen Glieder (Fig. 357) haben gröfsere Länge und gröfsere Höhe und find mit einer Mittelwand verfehen, welche die wärmeabgebende Flüffigkeit zwingt, die Enden des Gliedes aufzufuchen.

Die Glieder werden auch kranzförmig ausgeführt.

Die Schrägrippen (fiehe Art. 370, S. 330), auf welche weiter unten noch einmal zurückgekommen werden wird, find befonders wirkfam für Waffer- und Dampfheizöfen. Sie find denn auch für die Gliederöfen verwertet.

Fig. 358.

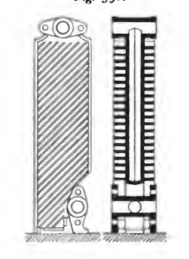


Fig. 358 verfinnlicht eines diefer Glieder in Anficht und Schnitt, von denen eine Anzahl mittels der angegebenen Flanfche miteinander verbunden werden, um einen gewiffermafsen beliebig langen Heizkörper zu bilden. Es fei darauf hingewiefen, dafs die am Ofen zu erwärmende Luft faft genau gleiche Wege längs feiner Flächen zurückzulegen hat. Im übrigen fei bezüglich der Gliederöfen auf die untengenannte Quelle[265]) verwiefen.

Die mit Rippen verfehenen Heizflächen erfchweren ihre Reinhaltung. Deshalb haben, etwa vom Jahre 1893 ab, die von Amerika zu uns gekommenen glattwandigen Gliederöfen[266]), welche auch wohl Radiatoren genannt werden — trotz ihres höheren Preifes — die geripptem Gliederöfen zum Teile verdrängt. Sie find glattwandig oder mit flachen Verzierungen verfehen (Fig. 359) und oft mit Schmelzfarben reich gefchmückt, fo dafs fie auch in fein ausgeftatteten Räumen frei auf-

[265]) Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1883, S. 533; 1885, S. 892; 1893, S 1485

[266]) Siehe: Zeitfchr d. Ver. deutfch Ing. 1893, S. 1486.

Fig. 359.

Glattwandiger Gliederofen.

geftellt werden können, alfo auch für das Reinigen ihrer Oberflächen bequem zugänglich find.

Vielfach verfchiedene Zufammenftellungen von Rohren mit und ohne Rippen erwähne ich nur und verweife im übrigen auf die untengenannten Quellen [267]).

378. Berechnung der Heizkörper.

Die Berechnung der wärmeabgebenden Flächen der Dampf- und Wafferheizkörper mufs der niedrigen Temperaturen halber mit gröfserer Vorficht vorgenommen werden als diejenige der gewöhnlichen, unmittelbar vom Rauche berührten Heizflächen. Bei letzteren läfst fich, fofern die Leiftung eines folchen Ofens hinter den Anforderungen zurückbleibt, durch lebhafteres Schüren und Anfachen des Feuers die mittlere Rauchtemperatur erhöhen, wobei allerdings die Nutzleiftung der Gewichtseinheit des Brennftoffes geringer wird; bei erfteren find die Temperaturen eng begrenzt.

Man berechnet die Heizflächen nach der Gleichung 31 (S. 131):

$$F = \frac{W}{k} \frac{2}{(T_1 + T_2) - (t_1 + t_2)},$$

mufs aber, oft auf umftändlichem Wege, die Temperaturen T_1, T_2, t_1 und t_2 beftimmen.

Die Anfangstemperatur T_1 des wärmeabgebenden Mittels ift am leichteften zu beftimmen. Die Temperatur des Dampfes entfpricht immer feiner Spannung und ift der Tabelle auf S. 262 zu entnehmen. Für Waffer ift die Temperatur, mit welcher es in den Heizofen tritt, in der Regel ebenfalls leicht zu beftimmen, da der Temperaturverluft vom Waffererwärmer bis zum Wärmeftrahler nötigenfalls berechnet, in den gewöhnlichen Fällen auch genügend genau gefchätzt werden kann.

Die Temperatur des Dampfes bleibt bis zu feiner Verdichtung unverändert; alfo ift bei Dampfheizungen $T_1 = T_2$ anzunehmen. Die Temperatur T_2 des Waffers mufs jedoch befonders beftimmt werden, und zwar auf Grund der verwendeten Rohrleitung (vergl. Art. 309, S. 267). Man wird in vielen Fällen, um T_2 möglichft grofs zu erhalten, verhältnismäfsig weite Rohre anwenden, hierdurch zwar die Koften der Rohrleitungen vermehren, aber die Koften der Wärmeftrahler vermindern.

Die Anfangstemperatur t_1, mit welcher die Luft den Heizkörper trifft, ift bei verfchiedenen Anlagen fehr verfchieden. Für Umlaufheizungen, alfo wenn man die Luft des zu heizenden Raumes den Heizflächen zuführt, fetzt man für t_1 die Temperatur, welche die Luft nach der Erwärmung des Raumes hat; da während des Anheizens die Temperatur t_1 geringer ift, fo ift die Wärmeabgabe eine gröfsere,

[267]) Fischer, H. Warmwafferöfen. Polyt. Journ., Bd. 222, S. 9.
Fischer, H. Oefen für Waffer- und Dampfheizungen. Polyt. Journ., Bd. 231, S. 295.
Wiman, E. A. Warmwaffer-Heizung des Schulgebaudes in Wefterwik. Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1871, S. 679.
Meyer, F. Die Warmwaffer-Heizung von Franz San Galli in St. Petersburg. Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing 1872, S. 239.
Rösicke, H. Warmwaffer-Heizung für kleine Anlagen. Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1876, S. 31.
Rösicke, H. Heizkörper-Ummantelung für Centralheizungen. Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1879, S. 323; 1883, S. 533; 1885, S. 892.
Zeitfchr d. Ver. deutfch. Ing 1893, S. 1485.

was nicht ſtört. Entnimmt man die zu erwärmende Luft dem Freien, ſo ſetzt man für t_1 diejenige Temperatur, welche für den Wärmebedarf als Aufsentemperatur angenommen wurde.

Am ſchwerſten iſt die Endtemperatur t_2 der erwärmten Luft zu beſtimmen. Sofern man die Heizflächen frei im Raume aufſtellt, ſie alſo unbehindert von der Zimmerluft beſpült werden können, ſo wird man unbedenklich für t_2 die mittlere Zimmertemperatur, alſo $t_2 = t_1$ ſetzen können. Hierbei darf jedoch nicht überſehen werden, daſs bei hohen Heizflächen die Temperatur der die oberen Teile des Ofens beſpülenden Luft oft erheblich höher iſt, indem dieſe vorher die unteren Teile der Heizflächen beſpült hat. In Rückſicht hierauf wählt man geringe Heizflächenhöhen oder für hohe Heizflächen die Wertziffer k kleiner als gewöhnlich.

Beſtehen die Heizflächen aus von auſsen erwärmten Rohren (vergl. Fig. 348 bis 350) oder ſind die Oefen ummantelt oder in Heizkammern untergebracht, ſo iſt anders zu verfahren.

In einigen Fällen treibt man die Luft mittels beſonderer Kraft, Gebläſe u. ſ. w., den Heizflächen entlang. Alsdann iſt die Wärmemenge W, welche von der Luft aufgenommen wird, wenn $\mathfrak{L}$ die ſtündlich gelieferte Luftmenge (in Kilogr.) bezeichnet,

$$W = \mathfrak{L} \, . \, 0{,}24 \, (t_2 - t_1) \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 166.$$

oder

$$t_2 = \frac{W}{\mathfrak{L} \, . \, 0{,}24} + t_1 . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 167.$$

In der Mehrzahl der Fälle ſoll jedoch der durch die Erwärmung hervorgerufene Auftrieb die Luft an den Heizflächen entlang führen. Alsdann iſt die Frage, welche Endtemperatur t_2 die Luft hat, während ſie die verſchiedenen Stellen des Ofens verläſst, nur auf Umwegen zu beſtimmen.

Fig. 360.

Fig. 360 ſtelle ein Rohr dar, das von auſsen durch warmes Waſſer der Anfangstemperatur T_1 und Endtemperatur T_2 berührt wird. Die Luft durchſtröme das Innere des Rohres und werde in dieſem von t_1 auf t_2 erwärmt. Der Querſchnitt des Rohres ſei q Quadr.-Met., ſein Umfang U Met., und die mittlere ſekundliche Luftgeſchwindigkeit v Met.; der Auftrieb werde nur durch die Höhe h gebildet. Alsdann iſt nach Gleichung 31 (S. 131):

$$F = U h = \frac{W}{k} \, \frac{2}{(T_1 + T_2) - (t_1 + t_2)} . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 168.$$

Ferner iſt nach Gleichung 166, wenn für $\mathfrak{L}$ geſetzt wird

$$\mathfrak{L} = q v \, . \, 3600 \, \gamma , \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 169.$$

$$W = \mathfrak{L} \, (t_2 - t_1) \, 0{,}24 = 0{,}24 \, . \, 3600 \, \gamma q v \, (t_2 - t_1) . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 170.$$

Der verfügbare Auftrieb beträgt

$$\mathfrak{A} = h \left(1{,}3 - 0{,}004 \, t_1 - 1{,}3 + 0{,}004 \, \frac{t_1 + t_2}{2} \right) = 0{,}002 \, (t_2 - t_1) \, h , \quad . \quad 171.$$

und die Widerſtände ſind

$$\mathfrak{W} = \gamma \left[\varkappa \, \frac{u}{q} \, h \left(\frac{1}{v} + 20 \right) + \Sigma \xi \right] \frac{v^2}{2 g} . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad . \quad 172.$$

In letzterer Gleichung mag behufs ihrer Vereinfachung

$$\varkappa\left(\frac{1}{v}+20\right)=0{,}009$$

gefetzt werden, fo dafs durch Gleichfetzung des Auftriebes und der Widerftände

$$0{,}002\,(t_2-t_1)\,h=\gamma\left(0{,}009\,\frac{u}{q}\,h+\Sigma\xi\right)\frac{v^2}{2g} \quad \ldots \quad 173.$$

wird, und hieraus

$$v=\sqrt{\frac{0{,}002\,(t_2-t_1)\,2gh}{\gamma\left(0{,}009\,\frac{u}{q}\,h+\Sigma\xi\right)}} \quad \ldots \quad 174.$$

Es fei darauf hingewiefen, dafs der Umfang einmal mit U (Gleichung 168), bei den Widerftänden aber mit u bezeichnet ift. Dies ift gefchehen, weil nicht immer der gefamte, die Widerftände bedingende Umfang auch wärmeabgebend ift. Weiter unten ift die Benutzung der verfchiedenen Bezeichnungsweife zu finden.

Durch Vereinigung der beiden Gleichungen 168 u. 170 entfteht ferner

$$\frac{Uh}{2}\,k\,[T_1+T_2-(t_1+t_2)]=0{,}24\,.\,3600\,\gamma q v\,(t_2-t_1); \quad \ldots \quad 175.$$

fonach

$$v=\frac{U}{q}\,\frac{[T_1+T_2-(t_1+t_2)]\,hk}{2\,.\,0{,}24\,.\,3600\,\gamma\,(t_2-t_1)} \quad \ldots \quad 176.$$

Setzt man nun die Werte in den Gleichungen 174 u. 176 für v einander gleich, fo findet man, nach einigen Umgeftaltungen,

$$\frac{q}{U}=\frac{T_1+T_2-t_1-t_2}{342}\,k\sqrt{\frac{\left(0{,}009\,\frac{u}{q}\,h+\Sigma\xi\right)h}{\gamma\,(t_2-t_1)^3}} \quad \ldots \quad 177.$$

Man wird in diefer Gleichung für γ, zumal γ unter dem Wurzelzeichen fteht, unbedenklich denjenigen Wert (1,18) fetzen, welcher 30 Grad warmer Luft eigen ift, wodurch man endlich erhält

$$\frac{q}{U}=\frac{T_1+T_2-t_1-t_2}{371}\,k\sqrt{\frac{\left(0{,}009\,\frac{u}{q}\,h+\Sigma\xi\right)h}{(t_2-t_1)^3}} \quad \ldots \quad 178.$$

In dem Falle, dafs die Luft, nachdem fie die Heizflächen verlaffen hat, noch in einem anfchliefsenden Kanale von q_1 Quadr.-Meter Querfchnitt, u_1 Meter Umfang und h_1 Meter Höhe emporfteigt und dann erft in das zu heizende Zimmer fich ergiefst, gewinnt man auf gleichem Wege

$$\frac{q}{U}=\frac{T_1+T_2-t_1-t_2}{525}\,kh\sqrt{\frac{0{,}009\left(\frac{u}{q}\,h+\frac{u_1}{q_1}\,h_1\right)+\Sigma\xi}{(t_2-t_1)^3\left(\frac{h}{2}+h_1\right)}} \quad . \quad 179.$$

Dagegen entfteht aus Gleichung 178 für den befonderen Fall, dafs q kreisförmig ift, wegen

$$\frac{q}{U}=\frac{D^2\,\frac{\pi}{4}}{D\pi}=\frac{D}{4},$$

$$D=\frac{T_1+T_2-t_1-t_2}{93}\,k\sqrt{\frac{\left(0{,}036\,\frac{h}{D}+\Sigma\xi\right)h}{(t_2-t_1)^3}} \quad \ldots \quad 180.$$

Man kann die Gleichungen 178 u. 179 auch ſo geſtalten, daſs aus ihnen unmittelbar h, bezw. h_1 bei gegebenem $\frac{q}{U}$ zu gewinnen iſt.

Es wird

$$h = \sqrt{\left(55{,}5 \frac{q}{u} \Sigma\xi\right)^2 + \frac{[250\,(t_2 - t_1)]^3\, q^3}{u\, U^2\,(T_1 + T_2 - t_1 - t_2)^2\, k^2}} - 55{,}5 \frac{q}{u} \Sigma\xi \qquad 181.$$

und

$$h_1 = \frac{-[65\,(t_2 - t_1)]^3\, q^2 \frac{h}{2} + \left(0{,}009 \frac{u}{q} + \Sigma\xi\right) U^2 h^2 k^2\,(T_1 + T_2 - t_1 - t_2)^2}{+[65\,(t_2 - t_1)]^3\, q^2 - 0{,}009 \frac{u_1}{q_1}\, U^2 h^2 k^2\,(T_1 + T_2 - t_1 - t_2)^2} \qquad 182.$$

Keine der hier aufgeſtellten Gleichungen ermöglicht nun, t_2 unmittelbar zu beſtimmen; vielmehr muſs t_2 nach Schätzung angenommen und verſucht werden, ob der betreffende Wert mit den übrigen Gröſsen im Einklange ſteht.

Regelmäſsig pflegt man ſtatt deſſen von vornherein t_2 anzunehmen, zumal ein hoher Wert des t_2 ungünſtig auf die Gleichmäſsigkeit der Temperatur des zu heizenden Raumes in lotrechter Richtung einwirkt, und hiernach die anderen Werte zu beſtimmen. t_2 wird zwiſchen 30 und 40 Grad, faſt niemals höher gewählt.

379.
Beiſpiele

Behufs Erläuterung des Verfahrens ſeien einige Beiſpiele angeführt.

Gegeben ſind: $T_1 = 90$ Grad; $T_2 = 50$ Grad; $t_1 = 18$ Grad; $t_2 = 38$ Grad und $k = 16$.

α) Es ſoll berechnet werden, welches Verhältnis $\frac{q}{u}$ für ein glattwandiges Rohr nach Fig. 360, bezw. Fig. 348 bis 350 bei $1{,}00$ m Höhe anzuwenden iſt. Das obere Rohrende iſt frei offen; unterhalb des Rohres kommt eine Vergitterung mit $\xi = 0{,}8$, eine gute Abrundung mit $\xi = 0{,}3$ und das die Luftbewegung überhaupt erzeugende $\xi = 1$, alſo $\Sigma\xi = 2{,}1$ in Frage. $\frac{u}{q}$ iſt zu 20 geſchätzt. Alsdann iſt nach Gleichung 178

$$\frac{q}{U} = \frac{90 + 50 - 18 - 38}{371}\, 16 \sqrt{\frac{(0{,}009 \,.\, 20 \,.\, 1 + 2{,}1)\; 1}{(38 - 18)^3}} = 0{,}06$$

oder

$$D = 0{,}24 \text{ m}.$$

Hiernach iſt $\frac{u}{q}$ zu groſs geſchätzt; angeſichts des geringen Einfluſſes dieſes Wertes innerhalb der Rechnung ſchadet dies nichts.

Den gleichen Wert für D gewinnt man natürlich auch aus Gleichung 180.

Man ſieht, daſs das Rohr, trotz der geringen Länge, eine erhebliche Weite haben muſs, um $t_2 = 38$ Grad werden zu laſſen.

β) Es ſoll die Höhe h berechnet werden, wenn $D = 0{,}05$ angenommen wird. Wie vorhin ſei $\Sigma\xi = 2{,}1$; $\frac{u}{q}$ iſt $= 80$. Alsdann wird nach Gleichung 181

$$h = \sqrt{\left(\frac{55{,}5 \,.\, 2{,}1}{80}\right)^2 + \frac{[250\,(38 - 18)]^3}{80^3\,(90 + 50 - 18 - 38)^2 \,.\, 16^2}} - \frac{55{,}5}{80}\, 2{,}1 = 0{,}044 \text{ m}.$$

So enge Rohre dürfen alſo, wenn nur der in ihnen wirkſam werdende Auftrieb zur Luftbewegung dient und man t_2 nicht ſehr groſs machen will, nur ſehr kurz werden.

Selbſt, wenn $t_2 = 68$ Grad angenommen wird, ergibt ſich h nur zu $0{,}60$ m.

Etwas günſtiger würden die Rechnungsergebniſſe ſein, wenn die Vergitterung am Fuſse des Rohres hinwegfiele.

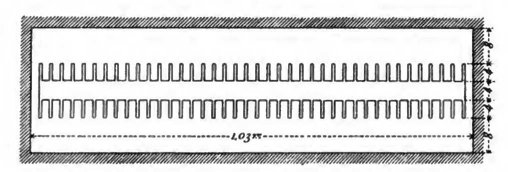
γ) Es ſei mit Hilfe der Gleichung 181 die zuläſſige Höhe eines nach Fig. 361 ummantelten Gliederofens, der mittels Dampf von 10 500 kg Spannung geheizt wird, zu berechnen.

Es iſt $T_1 = T_2 = 101$ Grad; ferner ſei $t_1 = +18$ Grad, $t_2 = +40$ Grad und $k = 8{,}5$. Aus

Fig. 361 ergibt fich $U = 8{,}4$, $u = 11$, $q = 0{,}25$ und $\frac{q}{u} = 0{,}022$. Der Luftzutritt, wie deren Austritt fei unbehindert, fonach $\Sigma \xi = 1$ und

$$h = \sqrt{(55{,}5 \cdot 0{,}022 \cdot 1)^2 + \frac{[250\,(40 - 18)\,0{,}25]^3}{11 \cdot 8{,}4^2\,(101 + 101 - 40 - 18)^2\,8{,}5^2}} - (55{,}5 \cdot 0{,}022 \cdot 1) = 0{,}71 \text{ m}.$$

Fig. 361.



δ) Endlich fei, wegen Raummangels, die Weite des Mantels — ftatt $0{,}20$ m — blofs $0{,}24$ m; die Ofenhöhe folle 2 m betragen, die fonftigen Verhältniffe unverändert bleiben; nur fei dem Mantel ein h_1 hoher Schacht angefchloffen, deffen obere Oeffnung leicht vergittert ift ($\xi = 0{,}5$); vor diefer befinde fich eine gut abgerundete Ablenkung ($\xi = 0{,}3$), und die Querfchnittsänderung nahe über dem Ofen verurfache den Widerftand $\xi = 0{,}2$, fo dafs $\Sigma \xi = 2$ wird. Wie hoch ($h_1 = ?$) mufs der Schacht vom Querfchnitt $q_1 = 1{,}03 \times 0{,}16 = 0{,}165$ qm und vom Umfange $u_1 = 2\,(1{,}03 + 0{,}16) = 2{,}38$ m fein?

Aus Gleichung 182 ergibt fich

$$h_1 = \frac{-(65 \cdot 22)^3\,0{,}2^2\,\frac{2}{2} + (0{,}009 \cdot 54 + 2)\,(8{,}4 \cdot 2 \cdot 8{,}5 \cdot 144)^2}{(65 \cdot 22)^3\,0{,}2^2 + 0{,}009 \cdot 14{,}4\,(8{,}4 \cdot 2 \cdot 8{,}5 \cdot 144)^2} = 12{,}90 \text{ m}.$$

380. Folgerungen.

Man wird nun nicht daran denken, beim Entwurfe einer Heizungsanlage für jeden einzelnen Heizkörper diefe umftändlichen Rechnungen durchzuführen. Sie find vielmehr feitens des Verfertigers der Oefen und Ofenmäntel anzuftellen, fo dafs diefer Auskunft zu geben im ftande ift, welche Werte aus den von ihm gewählten Verhältniffen fich ergeben. Nach Umftänden wird man den einen oder anderen Fall einmal nachrechnen.

Die Rechnungen ergeben aber, wenn man fie auf vorliegende Ausführungen anwendet, dafs vielfach zu enge Querfchnitte gegenüber der wärmeabgebenden Fläche gewählt werden; fie geben auch Auskunft darüber, welche Aenderungen vorzunehmen find, um günftige Werte der Temperaturen benutzen zu können; fie laffen endlich den Wert der in Art. 370 u. 377 (S. 330, bezw. 350) erwähnten Schrägrippen erkennen.

381. Berechnung der Heizflächen.

Man erfieht aber gleichzeitig aus dem Rechnungsverfahren, dafs die Luft auf etwa vorhandene, verfchiedenartige Luftwegquerfchnitte eines Wärmeftrahlers, bezw. zwifchen diefem und dem Mantel oder der Heizkammerwand liegende Luftwege, im Verhältnis zur Leiftungsfähigkeit der betreffenden Heizflächen verteilt werden müffe [268]).

Nach den gegebenen Erörterungen kann ich mich bezüglich der Heizflächenberechnung kurz faffen. Man verfteht unter der Heizfläche der Dampf- und Waffer-

[268]) Diefe Auffaffung wurde in der »Zeitfchr. f. techn. Hochfchulen 1879, Heft 1« zuerft von mir veröffentlicht, hiernach von *Weifs* ausführlicher behandelt in: Kritifche Bemerkungen über die für Wafferheiz-Anlagen angewendeten Berechnungsmethoden und die Minimalgröfse der Röhrenoberfläche einer Wafferheizung etc. Zeitfchr. d. öft. Ing.- u. Arch.-Ver. 1879, S. 150, 173.

heizungen immer diejenige, welche von der Luft befpült wird. Für glatte Heizflächen wählt man bei Wafferheizungen zwifchen $k = 13$ bis 20, je nachdem die Heizflächengröfse die vom Waffer berührte Flächengröfse mehr oder weniger überwiegt und je nachdem die Heizflächen für die Luftbefpülung weniger oder mehr günftig liegen. Ebenfo wählt man bei Dampfheizungen k zwifchen 11 bis 18.

Die Wärmeabgabe gerippter Flächen ift, wie in Art. 358 (S. 319) bereits angedeutet, nur unficher zu beftimmen. Wenn die Befpülung der betreffenden Flächen günftig ift, insbefondere auch der Querfchnitt der von den Rippen gebildeten Kanäle, bezw. die Menge der fie durchfliefsenden Luft mit der Leiftungsfähigkeit der Flächen im Einklange fteht, fo darf man für die Sohlen der Kanäle das gleiche rechnen wie für glatte Wände, für die Rippenflächen aber 0,3 bis 0,45 der betreffenden Werte.

Beifpiele. Ein Warmwafferheizofen mit nur äufserer Heizfläche ftehe frei in einem auf 20 Grad zu erwärmenden Raume. Es feien $T_1 = 90$ Grad, $T_2 = 60$ Grad, $k = 16$; alsdann wird die Heizfläche

$$F = \frac{W}{k} \frac{2}{(T_1 + T_2) - (t_1 + t_2)} = \frac{W}{880}.$$

Der Ofen befinde fich in einem Mantel und werde von der Luft fehr günftig befpült, habe überhaupt faft gleiche Flächen für die Waffer- und Luftberührung, fo dafs $k = 19$ gefetzt werden darf; t_2 fei $= 40$ Grad. Man erhält alsdann

$$F = \frac{W}{855}.$$

Dem Ofen werde nur frifche Luft zugeführt; ihre niedrigfte Temperatur fei $t_1 = -20$ Grad; alsdann ift

$$F = \frac{W}{1235}.$$

Endlich befinde fich der Ofen in einem Mantel, welcher der Luftbewegung viele Widerftände bietet, und beftehe aus einer Rohrfchlange, die ziemlich enge Windungen hat, fo dafs $t_2 = 70$ Grad, $k = 13$ genommen werden mufs. Im übrigen fei wie immer $T_1 = 90$ Grad, $t_1 = 20$ Grad, T_2 aber (wegen enger Rohrleitung) $= 40$ Grad. Dann entfteht

$$F = \frac{W}{260}.$$

Diefe wenigen Beifpiele ergeben den ungemeinen Einflufs der Temperaturen auf die Leiftungsfähigkeit, beweifen alfo, dafs fog. Fauftrechnungen für den vorliegenden Gegenftand nicht geeignet find.

Literatur

über »Wafferheizung und Wafferluftheizung«.

The hiftory of heating by hot water. *Builder*, Bd. 3, S. 67.

Von der Waffercirculation als Mittel zur Heizung und Lüftung öffentlicher Gebäude. Allg. Bauz. 1853, S. 3.

TASKER. Sich felbft regulirender Wafferofen. *Civ. eng. and arch. journ.* 1855, S. 288.

BEYER. Ueber Anlage von Warmwaffer-Heizungen. Zeitfchr. f. Bauw. 1857, S. 11.

HAAG, J. Neues Syftem für Heifswaffer-Heizung und Ventilation in Wohngebäuden und öffentlichen Anftalten. ROMBERG's Zeitfchr. f. prakt. Bauk. 1858, S. 193.

LOHSE. Warmwaffer-Heizung in Privatwohngebäuden. Zeitfchr. f. Bauw. 1860, S. 624.

RIDDELL. Ofen und Keffel für Warmwaffer-Heizung. Polyt. Centralbl. 1861, S. 1046.

HAAG. Ueber Heifswaffer-Heizungen und Ventilation. Polyt. Journ., Bd. 163, S. 50.

HAAG. Der Brennmaterialverbrauch bei der Heifswaffer-Heizung im Vergleich mit der Ofenheizung. Polyt. Journ., Bd. 165, S. 425.

SCHMIDT. PURNELL'S neue Anordnung der Wafferheizungsanlagen. Polyt. Journ., Bd. 166, S. 256.

CLARKE. Keffel oder Apparat für Wafferheizung. *Engineer*, Bd. 14, S. 155.

KLOTZBACH, J. Befchreibung eines Warmwaffer-Heiz-Apparates in der Strafanftalt zu Brieg. Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1863, S. 285, 405.

Die Anlage von Warmwaffer-Heizungs-Apparaten in öffentlichen und Privat-Gebäuden. ROMBERG'S Zeitfchr. f. prakt. Bauk. 1863, S. 115.

SONNENSTEIN. Warmwaffer-Heizung, Anlage, Koften und Refultate. Zeitfchr. d. öft. Ing.- u. Arch.-Ver. 1866, S. 283.

BÖCKMANN. Ueber Warmwaffer-Heizung. Zeitfchr. f. Bauw. 1867, S. 433.

BÖCKMANN. Ueber Heifswaffer-Heizung. Zeitfchr. f. Bauw. 1867, S. 434.

Anwendung der Heifswaffer-Heizung nach LONGBOTTOM & EASTWOOD. Polyt. Centralbl. 1867, S. 383.

Ueber Warmwaffer-Heizung. Deutfche Bauz. 1867, S. 415, 423.

CERBELAUD. *Calorifère à air chaud et à eau chaude. Nouv. annales de la conft.* 1867, S. 147.

Warmwaffer-Heizung. Brennmaterial-Bedarf im Rathhaufe zu Berlin. Deutfche Bauz. 1868, S. 124.

WEISS. Die vorteilhafteften Temperaturverhältniffe und Dimenfionen der Wafferheizung. Allg. Bauz. 1868—69, S. 395.

HAAG, J. Anlage für Heifswaffer-Heizung der Lazarethbaracken. Deutfche Viert. f. öff. Gefundheitspfl. 1869, S. 281.

Vortheilhafte Temperatur-Verhältniffe und Dimenfionen der Wafferheizung. Deutfche Bauz. 1870, S. 350.

Ueber Heifswaffer-Heizung. Mafchin.-Conftr. 1870, S. 210, 229.

HENSE. GRANGER & HYAN'S Röhrenkeffel für Wafferheizungen. Polyt. Centralbl. 1870, S. 1667.

Warmwaffer-Heizung. Röhren-Keffel. Deutfche Bauz. 1870, S 354.

FISCHER, H. Ueber Warmwaffer-Heizung. Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1872, S. 217.

MEYER, F. Die Warmwaffer-Heizung von SAN GALLI in St. Petersburg. Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1872, S. 239.

GRANGER & HYAN'S Wafferheizmethode. HAARMANN'S Zeitfchr. f. Bauhdw. 1872, S. 23.

GRANGER & HYAN. Wafferheizmethode mit Schüttkeffeln. HAARMANN'S Zeitfchr. f. Bauhdw. 1872, S. 217.

Heifswaffer-Heizung mit Glycerinfüllung. Deutfche Bauz. 1873, S. 7.

JÄGER. Ein neuer Heifswaffer-Ofen. ROMBERG'S Zeitfchr. f. prakt. Bauk. 1873, S. 243.

DENNIS' Füllofen für Heifswafferheizungen. Polyt. Journ., Bd. 214, S. 287.

LIEBELT. Wafferheizkeffel. Mafchin.-Conftr. 1875, S. 345.

RÖSICKE, H. Wafferheizung für kleine Anlagen. Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1876, S. 31.

SCHINZ. Conftruction der PERKINS'fchen Wafferheizung. Polyt. Journ., Bd. 219, S. 68, 97, 210, 331, 439, 480.

FISCHER, H. Heizkeffel für Warmwafferheizungen. Polyt. Journ., Bd. 221, S. 423.

Ueber PERKINS' Hochdruckwafferheizung. Mafchinenb. 1876, S. 349.

BURR. *Heating building with hot water. Scientific American*, Bd. 32, S. 290.

JASPER. Wafferheizapparat. Polyt. Zeitg. 1877, S. 5.

BACON'S Heifswafferapparat für Heizung und Ventilation. Mafchinenb. 1877, S. 385. Mafchin.-Conftr. 1877, S. 355.

LIEBAU. Combinirter Warmwaffer-Heiz- und Kochapparat mit Contactfeuerung. Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1878, S. 314.

WRIGHT'S Heifswafferkeffel. Mafchin.-Conftr. 1878, S. 293.

Neuer Wafferheizkeffel mit ftehenden Röhren (Thermofiphon) und Schüttfeuerung von BERGER & BARILLOT zu Moulins. Rohrleger 1878, S. 193.

LÜNING, F. Warmwaffer-Heizapparat, genannt Kreuz-Mantel-Keffel. Rohrleger 1878, S. 252.

Niederdruck-Wafferheizung. Rohrleger 1878, S. 305.

Englifche Heifswafferapparate. Rohrleger 1878, S. 313.

Amerikanifcher Heifswaffer-Apparat. Rohrleger 1878, S. 314.

Mitteldruckheizung. Rohrleger 1878, S. 324.

Hochdruckheizung, Heifswaffer-Heizung. Rohrleger 1878, S. 324.

MEYER, R. O. Heizapparat für Heifswaffer-Heizung. Polyt. Journ., Bd. 234, S. 103.

Feuerung für Heifswaffer-Heizung von FISCHER & STIEHL. Polyt. Journ., Bd. 234, S. 372.
Warmwaffer-Heizapparat. Mafchinenb. 1879, S. 18.
MEYER, R. O. Neue Ofen-Conftruction für Heifswaffer-Heizungen. Deutfche Bauz. 1880, S. 164.
LIEBAU. Combinirter Warmwaffer-Heizapparat. ROMBERG's Zeitfchr. f. prakt. Bauk. 1880, S. 70.
PESCHLOW, L. Verbefferung an Heizkeffeln für Warmwaffer-Heizungen. Rohrl. u. Gefundh.-Ing. 1880, S. 52.
Water-heating apparatus. Iron, Bd. 16, S. 129.
HAUSER. Zur Theorie der Heifswaffer-Heizungen. Gefundh.-Ing. 1881, S. 61.
Improved mode of warming and ventilating. Builder, Bd. 39, S. 54.
PLANAT, P. *Chauffage par l'eau chaude. La femaine des conft.*, Jahrg. 4, S. 133, 193.
Einige Beobachtungsrefultate über Heifswafferheizung. Gefundh.-Ing. 1881, S. 332.
FISCHER & STIEHL. Berechnung der Circulationsgefchwindigkeit bei Wafferheizungen, insbefondere bei PERKINS-Heizungen. Gefundh.-Ing. 1881, S. 373, 393.
MEYER, R. O. Neue Röhren-Heizapparate für Wafferheizung. Deutfche Bauz. 1881, S. 423.
FAWKES, F. A. *Hot water heating on the low preffure fyftem etc.* London 1882.
MEYER, R. O. Verbefferter Heifswafferapparat. Deutfches Baugwksbl. 1882, S. 29.
LINDENHEIM, M. Ueber einige eigenthümliche Erfcheinungen an Heifswaffer-Heizungen. Gefundh.-Ing. 1883, S. 601.
Das PESCHLOW'fche Warmwaffer-Heizungsfyftem. Gefundh.-Ing. 1884, S. 161.
EINBECK, J. Theorie der Heifswafferheizung. Stuttgart 1887.
BALDWIN, W. J. *Hot water, heating and fitting, or warming buildings by hot water etc.* London 1889.
HOOD, CH. *Practical treatife upon warming buildings by hot water.* London 1840. — Deutfche Ueberf. von SCHMIDT. Weimar 1841. — 3. Aufl. von F. DYE. 1897.
Warmwafferheizung mit Rippen-Heizrohren und -Elementen in Gewächshäufern von C. TEUDLOFF & TH. DITTRICH. UHLAND's Techn. Rundfchau, Jahrg. 4, S. 1.
MEYER, R. O. Heifswaffer-Luftheizung für ein Bierhallen-Gebäude. Gefundh.-Ing. 1891, S. 13.
American fteam and hot-water heating practice. London 1896.
FISCHER, H. Warmwafferheizung von BECK. Zeitfchr. d. Ver. d. Ing. 1902, S. 1363.
EINBECK, J. Die Schnellftrom-Warmwafferheizung, Syftem BRÜCKNER etc. Berlin 1904.
DYE, E. *Practical treatife upon warming buildings by hot water.* London 1905.

Literatur

über »Dampf-, Dampfwaffer- und Dampfluftheizung«.

GLUCSAK, G. Dampfheizung. Zeitfchr. d. öft. Ing.- u. Arch.-Ver. 1860, S. 225.
Dampfheizungen von verzinntem Eifenblech. Polyt. Journ., Bd. 165, S. 75.
LEWIS & VAUX. Zimmerheizung durch Dampf. *Scientific American*, Bd. 4, S. 196.
Ueber Dampfheizungsanlagen. *Scientific American*, Bd. 4, S. 283.
WIEDENFELD. Dampfheizung. Polyt. Centralbl. 1865, S. 97.
WEISS. Die vortheilhafteften Temperaturverhältniffe der Dampfheizung. Allg. Bauz. 1868—69, S. 410.
SULZER's combinirte Dampf- und Wafferheizung. Mafchin.-Conftr. 1869, S. 67.
KLEIN, J. Ueber Dampfheizungen. Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1872, S. 745. Polyt. Centralbl. 1873, S. 226. HAARMANN's Zeitfchr. f. Bauhdw. 1873, S. 155.
Das combinirte Dampf- und Warmwaffer-Heizfyftem. Mafchin.-Conftr. 1874, S. 322.
Les appareils de chauffage du nouveau collège Rollin. Gaz. des arch. et du bât. 1875, S. 155.
KIDD's *method of heating buildings. Iron*, Bd. 5, S. 73.
LAPORTE-MOTZ'fcher Condenfationsapparat für Dampfcentralheizungen. Polyt. Journ., Bd. 221, S. 309.
KAFEK. DE LACY, verbefferter Dampfheizapparat für Wohnräume. Mafchinenb. 1876, S. 203.
Dampf-Wafferheizung (Syftem SULZER). Zeitfchr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1877, S. 541.
Chauffage à la vapeur aux États-Unis. Gaz. des arch. et du bât. 1877, S. 152.
Luftheizung mittels Dampfröhren. Mafchinenb. 1878, S. 324.
Dampfheizung. Rohrleger 1878, S. 340.
Dampf-Wafferheizung. Rohrleger 1878, S. 371.
Befchreibung eines Dampfwaffer-Heizofens nach neuer Conftruction. Von Gebr. SULZER in Winterthur. Bayer. Ind.- u. Gwbebl. 1878, S. 290.

KÄUFFER's Dampf-Ofen mit veränderlicher Heizfläche. Deutfche Bauz 1879, S. 266.
FISCHER, H. Ueber Dampf-Wafferöfen. Polyt. Journ., Bd. 234, S. 34.
FISCHER, H. Ueber Regelung der Wärmeabgabe bei Dampföfen. Polyt. Journ., Bd. 234, S. 161.
INTZE. Gröfsere Central-Dampfheizungen der Neuzeit. Wochfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1879, S. 377.
FISCHER, H. Vorrichtungen zur Regelung der Wärmeabgabe bei Dampföfen. Zeitfchr. des Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1880, S. 177.
FISCHER. Ueber Mittel zur Regelung der Temperaturen bei Dampföfen. Deutfche Bauz. 1880, S. 46.
HOLLY's Syftem der Dampfheizung. Mafchinenb. 1880, S. 35.
Welche Vortheile ergeben fich aus der Bedeckung von Dampfleitungsröhren etc. mit Korkholz. Mafchinenb. 1880, S. 379.
Ift es beffer ein Dampfheizungsfyftem, wenn kalt, luftleer oder luftvoll zu haben. Gefundh.-Ing. 1880, S. 246.
Befchreibung der patentirten Niederdruck-Dampfheizung mittels Thermophoren. Baugwks.-Ztg. 1880, S. 611.
BALDWIN, W. J. *Steam heating for buildings etc.* London 1881. New York 1882.
BRECHT. Dampfheiz-Anlagen in Kirchen. Deutfche Bauz. 1882, S. 607.
Dampfwafferöfen der Univerfitäts-Frauen-Klinik zu Berlin. Wochbl. f. Arch. u. Ing. 1882, S. 317.
Central-Niederdruck-Dampfheizung mit felbftthätiger Regulirung. Syftem BECHEM & POST in Hagen i. W. Gefundh.-Ing. 1882, S. 381.
BRIGGS, H. *Steam heating etc.* New York 1883.
Die Ausführung von Dampfheizungen in Amerika. Gefundh.-Ing. 1883, S. 529.
Niederdruck-Dampfheizung, Syftem BECHEM & POST. Deutfche Bauz. 1884, S. 145.
Patent-Niederdruck-Dampfheizung mit Selbftregulirung (Syftem BECHEM & POST). Wochbl. f. Arch. u. Ing. 1884, S. 152.
MARTINI, H. Ventilations-Heizung mit Central-Selbftregulirung etc. Chemnitz 1885.
Chauffage à vapeur d'un grand établiffement induftriel. Portef. économ. des machines 1885, S. 2.
BÖCK, F. Die wirklichen Betriebskoften bei der Hoch- und Niederdruck-Dampfheizung etc. Wochfchr. d. öft. Ing.- u. Arch.-Ver. 1886, S 77.
EINBECK. Zentral-Niederdruck-Dampfheizung für Wohnhäufer. Gefundh.-Ing. 1886, S. 148.
Neuerungen auf dem Gebiete der Dampfniederdruck-(Niederdruckdampf-)heizungen. Centralbl. d. Bauverw. 1889, S. 163; 1890, S. 37.
FISCHER, H. Abdampfheizungen. Zeitfchr. d. Ver. d. Ing. 1899, S. 516.

13. Kapitel.

Abkühlen der Luft.

a) Mittel zum Abkühlen.

382. Benutzung der Erdtemperatur.

Das fcheinbar am nächften liegende Mittel zum Abkühlen der Luft befteht in der Benutzung der Erdtemperatur. Sie liegt zwifchen der Sommertemperatur und derjenigen des Winters; fie ift wegen der Fähigkeit der Erde, des in ihr befindlichen Grundwaffers u. f. w., grofse Wärmemengen aufzufpeichern, im Sommer niedriger, im Winter höher als im Freien. Führt man fonach die warme Sommerluft fo tief und weit durch Erde oder Felfen, dafs eine entfprechend grofse Berührungsfläche vorhanden ift, fo gelingt das Kühlen ohne Schwierigkeit. Hierbei ift jedoch nicht zu überfehen, dafs vermöge diefes Verfahrens die Erdtemperatur wefentlich rafcher der Temperatur des Freien fich nähert, alfo im Sommer die niedrige mittlere Temperatur der Erde rafcher einer höheren weicht, als wenn der

Wärmeaustaufch nur durch die Erdoberfläche ftattfindet. Die betreffenden Erdflächen nehmen, wegen der geringen Leitungsfähigkeit der Erde, wenn letztere trocken ift, verhaltnismäfsig rafch eine höhere Temperatur an, wodurch die Leiftungsfähigkeit des Verfahrens fehr bald wefentlich beeinträchtigt wird.

Man benutzt Brunnen, Keller, ausgedehnte im Kellergefchofs befindliche Luftleitungskanäle in diefem Sinne, erreicht hierdurch aber im Durchfchnitt nur eine geringe Kühlung, die aufserdem fehr wenig gefichert, durch Rechnung nicht beftimmbar ift.

383. Kühlen durch Waffer.

Fifcher & Stiehl in Effen haben fich das Verfahren patentieren laffen[269]), das Grundwaffer durch Rohre zu leiten, längs deren Oberflächen die zu kühlende Luft ftreicht. Es hat gegenüber dem Verfahren, welches die kühleren Erdflächen, bezw. die Kellergefchofswände benutzt, offenbar den Vorteil, dafs wefentlich gröfsere Erd- und Grundwaffermaffen zum Wärmeaustaufch herangezogen werden können. Beide Verfahren — das letztgenannte, wie das vorhin angeführte — können während des Winters zu einer teilweifen Vorwärmung der Luft benutzt werden.

Die Kühlung durch anderes, z. B. Leitungswaffer, welches durch Rohre ftrömt, ift vom *Fifcher & Stiehl*'fchen Verfahren nur infoweit unterfchieden, als die Temperatur des Waffers näher bekannt, das Waffer faft an jedem Orte verwendbar, dabei aber, in gröfseren Mengen benutzt, viel teuerer ift.

Man hat das Kühlen durch Waffer in der Geftalt vorgefchlagen, dafs die Luft ohne eine vermittelnde Zwifchenwand, alfo unmittelbar, ihre Temperatur mit derjenigen des Waffers ausgleicht, und hierbei in zwei Richtungen eine Wirkung erwartet. Die Einen wollen lediglich durch Erwärmen des Waffers der Luft Wärme entziehen. Sie laffen daher das Waffer in mehreren übereinanderliegenden Kanälen allmählich nach unten fliefsen, während die Luft über dem Wafferfpiegel und unter der nächft höheren Kanalfohle entlang allmählich nach oben getrieben wird, gerade entgegengefetzt, wie dies beim *Schinz*'fchen Waffererwärmer (Fig. 334, S. 339) der Fall ift; oder fie drücken die Luft geradezu durch das Waffer (vergl. Art. 203, S. 166, *Lacy* und *Vogt*), oder endlich, fie laffen das Waffer in Geftalt eines feinen Regens in die Luft fallen. Die zuletztgenannten beiden Verfahren geftatten keinen Gegenftrom, verlangen fomit grofse Waffermengen und follen deshalb keine weitere Beachtung finden.

Die Anderen erwarten von der Verdunftung des Waffers die Kühlung der Luft. Sie machen fich hierbei des Irrtumes fchuldig, dafs die Luft immer geneigt fei, Waffer zu verdunften, während doch mit zunehmendem Abkühlen der Sättigungsgrad der Luft zunimmt, fonach in vielen Fällen eine Verdichtung des Waffers eintreten mufs, alfo ein Entbinden der Wärme eintritt. Für Länder, denen bei höherer Temperatur fehr trockene Luft eigen ift, kann vielleicht die Wafferverdunftung in befcheidenem Grade wirkfame Hilfe gewähren; um die Wirkung zu fichern, wird man jedoch das künftliche Trocknen der Luft zu Hilfe nehmen müffen[270]).

384. Kühlen durch Eis.

Das Kühlen durch Eis ift infofern mit der zu Eingang diefes Kapitels genannten Kühlung verwandt, als die Winterkälte im Eife aufgefpeichert ift. Im übrigen ift das Kühlen durch Eis recht wohl verwendbar, da der Rohftoff Handelsware geworden ift. Durch Schmelzen zu Waffer von 0 Grad bindet das Eis 80 Wärme-

[269]) D. R.-P. Nr. 121.

[270]) Vergl.: Desolliers, H. Bau der Häufer warmer Länder. Paris 1883 — ferner: *Annales induftr.* 1883, S. 559. Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1884, S. 304.

einheiten; läfst man das Waffer der zu kühlenden Luft entgegenftrömen, fo kann man es in vielen Fällen durch diefe auf 20 Grad fich erwärmen laffen, fo dafs auf Bindung von 100 Wärmeeinheiten durch 1 kg Eis gerechnet werden kann. Wenn noch bemerkt wird, dafs 1 cbm aufgehäuften Eifes etwa 800 kg wiegt, fo ift erfichtlich, welche Eismengen und welcher Raum für eine gröfsere Kühlanlage erforderlich find. Die Eisftücke laffen im Haufen zahlreiche Oeffnungen frei, durch welche die Luft zu ftrömen vermag, fo dafs eine grofse, nicht von vornherein beftimmbare Kühlfläche entfteht. In den Eiskellern der Brauereien pflegt man daher das Eis zufammenfrieren zu laffen, um der Luft nur die Oberfläche des fo gebildeten, gewaltigen Eisklumpens darzubieten[271]). Des Preifes halber dürfte für die Luftkühlung das künftliche Eis nicht in Frage kommen, wohl aber unter Umftänden die Mittel, welche zum künftlichen Erzeugen des Eifes dienen[272]).

385.
Kühlen verdichteter Luft.

Von letzteren foll hier nur der Ausdehnung vorher verdichteter und hierauf gekühlter Luft gedacht werden.

Nach *Poiffon* ift, wenn t_1 die Anfangs-, t_2 die Endtemperatur trockener Luft bezeichnet, die von der Spannung p_1 auf die Spannung p_2 verdichtet wird,

$$\frac{273 + t_2}{273 + t_1} = \left(\frac{p_2}{p_1}\right)^{0,29} \quad . \quad . \quad . \quad 183.$$

Feuchte Luft verhält fich ein wenig anders; jedoch ift die Abweichung gering, weshalb fie hier vernachläffigt werden kann. Läfst man die Luft von der höheren Spannung p_2 auf die kleinere p_1 fich ausdehnen, fo ift die entftehende Temperaturabnahme ebenfalls nach Formel 183 zu berechnen.

Beifpielsweife werde Luft von 30 Grad Temperatur und atmofphärifcher Spannung (etwa 10000 kg auf 1 qm) auf 15000 kg Spannung für 1 qm verdichtet, fo dafs nach Gleichung 183

$$\frac{273 + t_2}{273 + 30} = \left(\frac{15000}{10000}\right)^{0,29} \quad \text{oder} \quad t_2 = 67,8 \text{ Grad}$$

wird. Kühlt man diefe verdichtete Luft durch irgend ein Mittel bis auf 40 Grad ab, ohne die Spannung zu ändern, und läfst man fie hierauf bis zur atmofphärifchen Spannung fich ausdehnen, fo erhält man, da nunmehr $t_1 = 40$ Grad ift,

$$\frac{273 + t_2}{273 + 40} = \left(\frac{10000}{15000}\right)^{0,29} \quad \text{oder} \quad t_2 = 5,28 \text{ Grad.}$$

Offenbar ift es weit leichter, die Luft von 67,8 Grad auf 40 Grad als von 30 Grad auf 5,28 Grad abzukühlen; aus diefem Grunde dürfte das erwähnte Verfahren gut zu verwenden fein.

Für befcheidene Anfprüche läfst fich der innerhalb kürzerer Zeit ftattfindende Temperaturwechfel des Freien, insbefondere der Temperaturunterfchied der Nachtzeit gegenüber demjenigen des Tages, benutzen.

In diefem Sinne veranlafst man während der Nacht einen lebhaften Luftwechfel innerhalb der betreffenden Räume, fucht aber am Tage den Wärmezutritt möglichft zu verhüten, fo dafs die Kälteauffpeicherung in den Wänden zum Niedrighalten der Temperatur genügt, oder man bringt gröfsere Speicher (die aus Mauerwerk oder auch ausgedehnten Wafferbehältern beftehen können) in den Luftkammern

[271]) Vergl. auch Theil III, Bd. 6 (Abth. V, Abfchn. 2, Kap. 3: Befondere Conftructionen für Kühlanlagen) diefes »Handbuches«.

[272]) SCHRÖTER, M. Vergleichende Verfuche an Kältemafchinen etc. München 1890.
LORENZ, H. Neuere Kühlmafchinen, ihre Konftruktion etc. München 1896. — 3. Aufl. 1901.
STETEFELD, R. Die Eis- und Kälteerzeugungs-Mafchinen etc. Stuttgart 1901.
Ferner: Zeitfchrift für die gefamte Kälte-Induftrie (erfcheint feit 1894) — und: Eis- und Kälte-Induftrie (erfcheint feit 1899).

und Luftkanälen an, fo dafs hier während der wärmeren Tagesftunden Wärme gebunden, in der Nacht aber durch möglichft lebhafte Luftftröme die aufgefpeicherte Wärme abgeführt wird.

386. Wärmeentbindung durch Dampfverdichten

In Art. 186 bis 193 (S. 153 bis 160) wurden die nötigen Unterlagen für das Verfolgen des Sättigungsgrades der Luft während einer Temperaturänderung gegeben, auch fchon erwähnt, dafs man beim Kühlen der Luft an ein Mittel zum Trocknen der letzteren denken müffe. Hierauf werde ich unten noch zurückkommen. Ein hiermit zufammenhängender Umftand, nämlich das Entbinden von Wärme beim Verdichten des Dampfes, erfordert fofort ein näheres Eingehen. Nach *Claufius* werden bei 10 Grad rund 600 Wärmeeinheiten gebunden, wenn 1 kg Waffer in Dampf gleicher Temperatur verwandelt wird. Diefelbe Wärmemenge wird felbftverftändlich frei, fobald der Dampf wieder in Waffer verwandelt wird. Es mufs daher nicht allein für das Kühlen der Luft Wärme gebunden werden, fondern auch für das Verdichten des Wafferdampfes. Der erftgenannte Teil der gefamten, durch das Kühlverfahren zu befeitigenden Wärme ift leicht zu beftimmen; er beträgt 0,24 Wärmeeinheiten für 1 kg Luft und für jeden Grad Temperaturerniedrigung. Der zweite Teil ift abhängig vom zufälligen Sättigungsgrade der zu kühlenden Luft.

Da eine Kühlanlage, insbefondere bei Sättigung der Luft, bei fchwülem Wetter ficheren Erfolg haben foll, fo wird man beim Berechnen der zu bindenden Wärmemenge regelmäfsig diefen ungünftigften Fall zu Grunde legen und nur in befonderen Fällen anders verfahren. Aus der Tabelle auf S. 154 ift die zu verdichtende Dampfmenge leicht zu entnehmen.

Beifpielsweife möge eine gefättigte Luft, deren Temperatur 25 Grad beträgt, zur Verwendung kommen; fie folle auf 5 Grad abgekühlt werden. Alsdann ift für je 1 kg der Luft die Wärme zu binden:

$$20 \,.\, 0{,}24 + (19{,}6 - 5{,}2)\, 0{,}6 = 4{,}8 + 8{,}64 = 13{,}44 \text{ Wärmeeinheiten.}$$

Somit ift die für das Verdichten des Dampfes zu bindende Wärmemenge nahezu doppelt fo grofs als diejenige, welche die eigentliche Luftkühlung erfordert.

b) Verwendung der Mittel.

387. Kühlkammern.

Der jedenfalls recht unangenehmen Kälteftrahlung halber wird man die abzukühlenden Flächen meiftens fo anbringen, dafs ihre Strahlen nicht auf Menfchen treffen können. Daher wird in der Regel das Kühlen der Luft in befonderen Kammern erfolgen müffen. Das erforderliche Bewegen der Luft kann wieder durch den Auftrieb — der hier negativ wirkt — erfolgen, welchen die Temperaturänderung hervorruft, oder durch Gebläfe und Lockfchornfteine. Bei Verwendung kalten Waffers bewirkt der Auftrieb auch das Emporfteigen des Waffers.

Fig. 362.

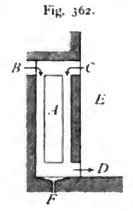


Fig. 362 verfinnlicht die Anordnung einer Kühlkammer, in welcher der Körper *A* entweder einen mit Eis gefüllten Korb oder ein Gefäfs oder eine Rohrfchlange bezeichnet, durch welche das Kühlwaffer von unten nach oben fliefst. Die Luft des Freien ftrömt bei *B* ein (Kühlen mit Lüftung), oder die Luft des zu kühlenden Raumes *E* gelangt durch *C* in die Kühlkammer (Kühlung mit Umlauf) und ftrömt durch *D* in den Raum. Bei *F* entweicht das in einer Vertiefung fich fammelnde Niederfchlagwaffer.

Die Berechnung der Abmeffungen einer folchen Anordnung findet nach denfelben Grundfatzen ftatt, welche fur die Berechnung der Heizung genannt find.

Beifpielsweife werde die Aufgabe geftellt, die Temperatur des Raumes E gleich derjenigen des Freien = 25 Grad zu halten, während 100 Männer in E fich befinden. Die Einfchliefsungsflächen mögen diefelbe Temperatur haben, alfo ein Beharrungszuftand eingetreten fein. Die 100 Menfchen entwickeln ftündlich (nach Art. 150, S. 122) 100 . 100 = 10000 Wärmeeinheiten und verdunften (nach Art. 175, S. 146) 100 . 100 = 10000 g = 10 kg Waffer. Für jeden Mann follen ftündlich 30 kg, alfo zufammen 3000 kg Luft zugeführt werden. Damit diefe Luftmenge die von den Menfchen abgegebene Wärmemenge bindet, mufs ihre Anfangstemperatur $t_1 = 25$ Grad auf die Temperatur t_2 gebracht werden, wobei

$$(t_1 - t_2)\, 0{,}24 \,.\, 3000 = 10000$$

oder

$$t_2 = 11{,}1 = \sim 11 \text{ Grad.}$$

Die als gefättigt angenommene Luft verliert hierbei (nach Art. 156, S. 154) (19,6 — 7,9) 3000 = 32100 g oder 32,1 kg Waffer, wodurch 32,1 . 600 = 19260 Wärmeeinheiten frei werden. Die Kühlvorrichtung hat fomit 10000 + 19260 = 29260 Wärmeeinheiten ftündlich zu binden. Wird $k = 15$ und ferner angenommen, dafs das Kühlwaffer die Anfangstemperatur 10 Grad und die Endtemperatur 20 Grad hat, fo berechnet man die erforderliche Kühlfläche in gewöhnlicher Weife zu

$$F = \frac{29260}{15} \frac{2}{(11 + 25) - (10 + 20)} = 650 \text{ qm}.$$

Man fieht alfo, dafs trotz der Verwendung fehr kalten Waffers aufserordentlich grofse Kühlflächen erforderlich find.

Jedes Kilogramm der gekühlten Luft enthält 7,9 g Wafferdampf, fomit die gefamte, ftündlich einftrömende Luft 23700 g. Hierzu kommen die 10000 g, welche die Menfchen verdunften, fo dafs je 1 kg der im Raume auf 25 Grad wieder erwärmten Luft 11,2 g enthält, d. h. zu 57 Vomhundert gefättigt ift.

Würde man von einer Lufterneuerung abfehen, fo würden nur die 10 kg von den Menfchen abgegebenen Wafferdampfes zu verdichten, alfo hierfür nur 600 . 10 = 6000 Wärmeeinheiten erforderlich fein, fo dafs die Kühlfläche nur etwa halb fo grofs, als vorhin berechnet, zu fein brauchte. Die zum Kühlen erforderliche Waffermenge ift im erften Falle $\frac{29260}{10} = 2926$ kg oder Liter, im anderen Falle 600 Liter ftündlich.

Gelegentlich der Preisbewerbung, betr. die Heizungs- und Lüftungsanlage fur das neue Reichstagshaus zu Berlin, wurde von zwei Bewerbern angegeben[273]), dafs die Wärmebindung naffer Kühlflächen erheblich gröfser fei als diejenige trockener, ja geradezu ausgefprochen, dafs die gleiche Luftmenge von einer und derfelben Kuhlflache in gleichem Grade gekühlt werde, wenn aus ihr Waffer niedergefchlagen werde oder nicht. Die Richtigkeit diefer Angabe ift wahrfcheinlich; beftätigt fie fich, fo darf man die Kühlflächen entfprechend kleiner wählen. Die erforderliche Kühlwaffermenge wird natürlich hierdurch nicht beeinflufst.

388.
Kühlrohre.

In Art. 218 (S. 176) wurde bereits auf die Schwierigkeiten hingewiefen, welche entftehen, wenn man einem Raume Luft zuführt, welche kälter ift als die in ihm befindliche Luft. Sie treten natürlich auch ein, wenn man die Luft des Raumes durch Kühlflächen kälter macht. Der Umftand, dafs die kühlere Luft aus der Kühlkammer (Fig. 362) über den Fufsboden, alfo gegen die im gekühlten Raume befindlichen Menfchen, fliefst und diefe dabei beläftigt, zwingt, wenn die Luftkühlung eine weitergehende ift, zur Anwendung befonderer Mittel, welche dahin zielen, die betreffenden Luftftrömungen tunlichft hoch zu legen und möglichft zu verteilen.

Dahin gehört das Verteilen der eine kalte Fluffigkeit (Waffer oder mittels Kältemafchine gekühlte Chlorcalciumlöfung oder dergl.) fuhrenden Rohre unter

[273]) Siehe: Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1884, S. 762.

der Decke. Sie erfordert das Anbringen von zur Aufnahme des Tropfwaffers geeigneten Rinnen. Das Tropfwaffer ift leichter unfchädlich zu machen, wenn man die Rohrverteilung an den Wänden vornimmt. Endlich wird diefem Zwecke durch Verteilen der Oeffnungen, durch welche die gekühlte Luft in den betreffenden Raum tritt, gedient.

Den Ausftellungsraum, welchen das franzöfifche Minifterium für öffentliche Arbeiten gelegentlich der 1878er Weltausftellung zu Paris für feine Zwecke errichten liefs, lüftete man, indem verhältnismäfsig kühle Luft mittels Gebläfes unter den Fufsboden gedrückt wurde, die fich unter diefem verbreitete, hinter der ringsum laufenden Holzfchalung nach oben ftieg und über deren oberen Rand in den Raum flofs. Auf diefe Art wurde ein Teil der im Raume entwickelten Wärme durch Vermittelung des Fufsbodens und der Holzfchalung an die kühle Luft abgegeben, fo dafs diefe mit höherer Temperatur in den Raum trat[274]).

Literatur

über »Abkühlen der Luft«.

MORIN. *Procédés à employer pour rafraîchir l'air deftiné à la ventilation. Nouv. annales de la conft.* 1865, S. 125.

GENESTE. *De la ventilation dans les pays chauds au moyen d'air refroidi.* Paris 1873.

FISCHER & STIEHL. Verfahren zur Kühlung und Vorwärmung der Luft mit Hilfe der Erdwärme. Polyt. Journ., Bd. 230, S 187.

FISCHER. Zimmer-Kühlapparat. Wochfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1878, S. 411.

Ventilation. Abkühlung der zuzuleitenden Luft. Eifenb., Bd. 9, S. 182.

FISCHER, H. Ueber die Kühlung gefchloffener Räume. Deutfche Bauz. 1880, S. 198.

FISCHER, H. Ueber Kühlung gefchloffener Räume, in welchen Menfchen fich aufhalten. Polyt. Journ., Bd. 235, S. 1. Rohrl. u. Gefundh.-Ing. 1880, S. 46.

Luft-Kühlapparat von OSCAR KROPFF in Nordhaufen. Gefundh.-Ing. 1880, S. 261.

LIGHTFOOT, T. B. *On machines for producing cold air. Engng.*, Bd. 31, S. 194.

Lüftung unter Benutzung der Erdtemperatur. Gefundh.-Ing. 1881, S. 249.

Inftallation d'appareils réfrigérants à la morgue. Revue induftr. 1881, S. 33.

KILBOURN, J. K. *Mechanical refrigeration. Engng.*, Bd. 32, S. 403, 427, 465.

SUFFIT, J. *Ventilation par refroidiffement. Monit. des arch.* 1881, S. 67, 82, 100, 113, 129, 146, 161, 177. — Auch als Sonderabdruck erfchienen: Paris 1882.

Das Leichenfchauhaus in Paris. Centralbl. d. Bauverw. 1884, S. 399.

Die Kühlung gefchloffener Räume. Gefundh.-Ing. 1885, S. 507.

Das Leichenfchauhaus in Berlin. Centralbl. d. Bauverw. 1886, S. 101. Baugwks.-Zeitg. 1886, S. 482.

---

14. Kapitel.

Regelung der Wärme-Zufuhr, bezw. -Abfuhr.

a) Mittel zur Regelung.

389. Einfachfte Regelung.

Der gewöhnliche Stubenofen gewährt das rohefte Bild der Regelung: man bedient das Feuer fo, dafs durch feine Wärmeentwickelung die gewünfchte, diejenige des Freien überragende Temperatur erhalten wird.

Der Vollftändigkeit halber mag angeführt werden, dafs Vorfchläge gemacht find, hinfichtlich des Kühlens ähnlich zu verfahren. Zu diefem Zwecke legt man Eis in folcher Menge in einen Korb, dafs die gewünfchte Kühlung eintritt. Das

[274]) Vergl. auch das in Fufsnote 271 bereits genannte Kapitel diefes »Handbuches«, fowie auch in der 2. u. 3. Auflage des gleichen Bandes das Kapitel über »Kühlanlagen«.

Schmelzwaffer kann noch durch eine Rohrleitung geführt werden, um auch deffen fuhlbare Kälte für den vorliegenden Zweck auszunutzen[275]).

390. Heizung mit aufgefpeicherter Wärme.

Die Umftändlichkeit, die mit folchem Verfahren, nach welchem die Bedienung jederzeit die Wärmeentwickelung, bezw. Wärmebindung durch Bemeffen des einzuführenden Brennftoffes, bezw. aufzulegenden Eifes zu regeln hat, führte zunächft zur Heizung mit aufgefpeicherter Wärme[276]), d. h. Wärmeentwickelung innerhalb verhältnismäfsig kurzer Zeit, Auffpeichern der im Ueberfchufs entwickelten Wärme und Abgabe letzterer an den betreffenden Raum innerhalb längerer Zeit. Man erreichte damit gleichzeitig — vielleicht unabfichtlich —, dafs die Feuerftelle für diejenige ftündliche Brennftoffmenge benutzt werden konnte, welche ihren Abmeffungen entfprach.

391. Gemauerte und Kachelöfen.

Als erfter Vertreter des Heizens mit aufgefpeicherter Wärme tritt uns der gemauerte Ofen und fein hübfcherer Bruder, der Kachelofen, entgegen. Es ändert nichts an dem an diefem Orte in Frage kommenden Vorgange, ob der Ofen als gewaltiger Schacht mehrere Gefchoffe des Haufes durchbricht und dort Teile der Zimmerwände bildet — wie in Rufsland heute noch gebräuchlich — oder ob er im betreffenden Raume eine felbftändige Stelle einnimmt oder in einer befonderen Heizkammer untergebracht ift; immer werden feine Steinmaffen von innen durch das Feuer oder durch den Rauch erwärmt und geben die aufgenommene Wärme, wegen der geringen Leitungsfähigkeit des Stoffes, nur allmählich an die umgebende Luft ab, fo dafs mehr oder weniger lange nach Aufhören der Wärmeentwickelung die Wärmeabgabe ftattfindet. Diefer Vorgang ift zu vergleichen mit einer Talfperre, welche die gewaltigen Waffermaffen eines ftarken Gewitters hindert, fofort in das Land fich zu ergiefsen, vielmehr den Abflufs des Waffers auf eine längere Zeitdauer verteilt. Beim Sammelteiche finden fich aber Schütze, durch welche der Abflufs geregelt wird, während die Oberfläche des Ofens, durch welche die Wärme ausftrömt, frei in der Luft des Zimmers fich befindet. Die Wärmeabgabe fteht im geraden Verhältnis zum Unterfchiede der Ofen- und Lufttemperatur, fo dafs die Wärmeabgabe in ähnlicher Weife fich ändert, wie der Wafferabflufs fich ändern würde, wenn man in jene Talfperre einen lotrechten, von unten bis zur Krone reichenden unveränderlichen Schlitz behufs Wafferabfluffes anbrächte. Bisher ift es nicht gelungen, das Gefetz, nach welchem die Aenderung der Wärmeabgabe feitens des Kachelofens oder eines anderen dicken Körpers ftattfindet, durch Rechnung zu gewinnen; indeffen läfst fich durch Ueberlegen die Art des Verlaufes mit Sicherheit feftftellen. Die punktierte krumme Linie ABC_1 in Fig. 363 dürfte feine Wärmeabgabe von B bis C_1 zutreffend wiedergeben. Sie läfst genügend erkennen, wie wenig gleichförmig die Wärmeabgabe fein mufs, in welch geringem Mafse das Heizen mittels eines recht dickwandigen Kachelofens, worin nur während verhältnismäfsig kurzer Zeit ein lebhaftes Feuer unterhalten wird, der Forderung eines gleichmäfsigen Warmhaltens zu genügen vermag. Diefe Tatfache tritt umfomehr hervor, wenn man auch den punktierten Kurventeil AB, welcher die Erwärmung des Ofens darftellt, mit in Betracht zieht.

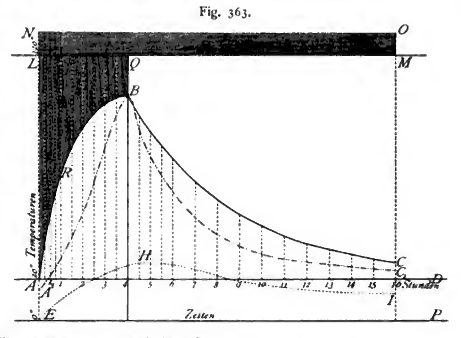
Beachtet man, dafs die Temperatur des Freien wechfelt, fo kann man unter Umftänden zu dem Schluffe gelangen, dafs bei rechtzeitigem Anheizen der ungünftige Verlauf der Linie ABC_1 weniger fühlbar wird. Man hat die niedrigfte

[275]) Siehe: Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1885, S. 759.

[276]) Vergl.: Zeitfchr d. Ver. deutfch Ing. 1883, S 35

Temperatur des Freien, welche in der Regel frühmorgens eintritt, der höchſten Temperatur des Ofens gegenüberzuſtellen, d. h. das Entzünden des Feuers ſo zeitig ſtattfinden zu laſſen, daſs die höchſte Temperatur des Ofens mit der niedrigſten Temperatur des Freien zuſammenfällt. Alsdann nimmt die Temperatur des Ofens wenigſtens in demſelben Sinne ab wie der Wärmebedarf. Durch geſchickte Benutzung dieſes Umſtandes, durch zweckmäſsige Wahl der Verhältniſſe würde man eine befriedigend gleichmaſsige Zimmertemperatur erhalten können.

Fig. 363.



Man kennt jedoch die eintretende Temperatur des Freien vorher nicht; man erzeugt deshalb in Wirklichkeit, trotz aller Sorgfalt, faſt immer eine zu niedrige oder eine zu hohe Zimmertemperatur, ſo daſs man im erſten Falle früher als beabſichtigt das Feuern wiederholen, im letzteren Falle aber das Fenſter öffnen muſs, um den Aufenthalt im Zimmer erträglich zu machen.

Die Niederdruck-Waſſerheizungen enthalten oft ſo groſse Waſſermengen, daſs ſie lange nach Verlöſchen des wärmeentwickelnden Feuers noch zu heizen vermögen. Gleiches hat man durch die Dampfwaſſerheizung zu erreichen geſucht[277]).

392. Dampfwaſſeröfen.

Man muſs vier verſchiedene Arten dieſer Dampfwaſſeröfen unterſcheiden, nämlich:

1) Solche, die nur zum Teile mit Waſſer gefüllt ſind, während der übrige Raum des Ofens vom zugeleiteten Dampf eingenommen wird und das Niederſchlagwaſſer des letzteren zum Waſſervorrat flieſst[278]).

2) Solche, welche nur zum Teile mit Waſſer gefüllt ſind, während ihr übriger Raum leer, und zwar möglichſt luftleer iſt; der aus der Leitung entnommene Dampf tritt nicht mit dem Waſſer in unmittelbare Berührung und dient gröſstenteils dazu, um Dampf aus dem Waſſer zu erzeugen, welcher nunmehr ſeine Wärme an die Luft abgibt[279]).

Beide genannte Ofenarten können hier nicht weiter in Betracht kommen, da ihr Aufſpeicherungsvermögen meiſtens klein, ihr Verhalten aber der weiter unten genannten vierten Art gleich iſt.

3) Solche Dampfwaſſeröfen, bei welchen die Wärme des Leitungsdampfes in einem beſonderen Gefäſse, welches mit dem eigentlichen, ganz mit Waſſer gefüllten

[277]) Zuerſt 1843 von GROUVELLE vorgeſchlagen und 1849 ausgeführt nach: PÉCLET, E. *Traité de la chaleur* 3. Aufl. Bd. III. Paris 1861. S. 182

[278]) Siehe: Zeitſchr. f. Bauw. 1873, S. 449. — Polyt. Journ., Bd. 222, S. 8 — Geſundh.-Ing. 1881, S. 611, 13 — Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ing. 1882, S. 436.

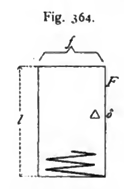
[279]) Siehe: Polyt. Journ., Bd. 234, S. 36, 39; Bd. 239, S. 412. — Wochbl. f. Arch. u. Ing. 1882, S. 317.

Ofen oben und unten in Verbindung fteht, an das Waffer abgegeben wird, fo dafs das Waffer aus dem eigentlichen Ofen in das Erwärmungsgefäfs und von diefem wieder in den Ofen zurücktritt[280]).

Diefe Oefen find für viele Zwecke fehr gut zu verwenden; fie find aber wefentlich in der Abficht entworfen, die Regelung der Wärmeabgabe zu erleichtern.

4) Endlich find befonders zu betrachten folche Oefen, die mit Waffer, welches feitens des Leitungsdampfes erwärmt wird, ganz gefüllt find[281]).

Fig. 364.



Sie können ein nennenswertes Auffpeicherungsvermögen erhalten, weshalb fie ihrer Wirkung nach näher befprochen werden follen.

Fig. 364 mag einen prismatifchen Dampfwafferofen diefer Art darftellen. Es fei fein Querfchnitt f (in Quadr.-Met.); feine Höhe l (in Met.); feine Aufsenfläche F (in Quadr.-Met.); die Temperatur des Wafferinhaltes Δ (in Grad C.); die Zeit z (in Stunden), und zwar für $z_{,}$: $\Delta = \Delta_{,}$; für $z_{,,}$: $\Delta = \Delta_{,,}$; die als unveränderlich angenommene Temperatur der umgebenden Luft δ (in Grad C.); der Wärmeübergang vom Ofen in die Luft für jeden Grad Temperaturunterfchied $(\Delta - \delta)$ für 1 qm Heizfläche und 1 Stunde k; die ftündlich vom Ofen abgegebene Wärme $= W$; der Wafferinhalt des Ofens $= fl \,.\, 1000$ kg. Alsdann ift

$$d W = F k \, (\Delta - \delta) \, d z, \qquad \qquad 184.$$

$$d W = - f l \,.\, 1000 \, d \Delta; \qquad \qquad 185.$$

alfo

$$F k \, (\Delta - \delta) \, d z = - f l \,.\, 1000 \, d \Delta,$$

d. i.

$$- \frac{1000 \, f l}{F k} \int \frac{d \Delta}{\Delta - \delta} = \int d z,$$

oder

$$- \frac{1000 \, f l}{F k} \, [\text{log. nat.} \, (\Delta - \delta) = \text{Conft.}] = z + \text{Conft.}$$

Durch Einfetzen der zufammengehörigen Werte $z_{,,}$ und $\Delta_{,,}$, bezw. $z_{,}$ und $\Delta_{,}$ und Abziehen der beiden Gleichungen erhält man hieraus einen Ausdruck für $z_{,,} - z_{,}$ wie folgt:

$$- \frac{1000 \, f l}{F k} \, [\text{log. nat.} \, (\Delta_{,,} - \delta) + \text{Conft.}] = z_{,,} + \text{Conft.},$$

$$- \frac{1000 \, f l}{F k} \, [\text{log. nat.} \, (\Delta_{,} - \delta) + \text{Conft.}] = z_{,} + \text{Conft.},$$

$$\frac{1000 \, f l}{F k} \, \text{log. nat.} \, \frac{\Delta_{,} - \delta}{\Delta_{,,} - \delta} = z_{,,} - z_{,}, \qquad \qquad 186.$$

und durch Umwandelung der Gleichung 186 ohne Schwierigkeiten

$$\Delta_{,,} - \delta = \frac{\Delta_{,} - \delta}{e^{\frac{k F (z_{,,} - z_{,})}{1000 \, l f}}} \qquad \qquad 187.$$

[280]) Siehe: Bayer. Ind.- u. Gwbebl. 1878, S. 290. — Polyt. Journ., Bd. 234, S. 35.

[281]) MORIN, A. *Études fur la ventilation.* Paris 1863. Bd. I, S. 551 — ferner: Polyt. Journ., Bd. 227, S. 355 — Deutfche Bauz. 1877, S. 487 — Deutfche Induftrie-Ztg. 1879, S. 42 — endlich die (meines Wiffens nicht veröffentlichten) Oefen von *Schäffer & Walker, M. & H. Magnus* u. a.

Mit Hilfe dieser Gleichung find die Temperaturunterschiede $\Delta_{,,} - \delta$ für jede Zeit nach dem Beginne der Abkühlung zu berechnen. Sie find berechnet worden für $f = 0{,}2$ m, $l = 2$ m, $F = 3{,}53$ qm, $\Delta_{,} = 100{,}6$ Grad, $z_{,} = 4$ Stunden, $z_{,,} = 4\frac{1}{2}$, 5, $5\frac{1}{2}$, 6 u. f. w. bis 16 Stunden, $k = 15$, und die Werte $\Delta_{,,}$ find von der Abfziffenachfe EP (Fig. 363) als lotrechte Ordinaten aufgetragen worden, fo dafs ihre Endpunkte die krumme Linie BC bilden.

393. Warmwaffer-ofen.

Der Verlauf der Erwärmung des Waffers kann in ähnlicher Weife verfolgt werden. Sie erfolge durch eine mit Dampf gefüllte Rohrfchlange, welche im unteren Teile des Ofens (vergl. Fig. 364) angebracht ift. Aufser den früher genannten Bezeichnungen bedeute: τ die als unveränderlich angenommene Temperatur des Dampfes, φ die Oberfläche der Rohrfchlange (in Quadr.-Met.), $\varkappa$ die Wärmemenge, welche für jeden Grad des Temperaturunterfchiedes $\tau - \Delta$ für 1 qm Oberfläche ftündlich vom Dampf an das Waffer übergeht, und w die gefamte Wärmemenge, welche der Dampf an das Waffer abliefert. Alsdann ift die Aenderung des Wärmegehaltes im Ofen

$$dw - dW = fl \,.\, 1000 \, d\Delta \quad \ldots \ldots \quad 188.$$

Da aber

$$dW = Fk\,(\Delta - \delta)\,dz \quad \text{und} \quad dw = \varphi\varkappa\,(\tau - \Delta)\,dz$$

ift, fo entfteht durch Einfetzen

$$fl \,.\, 1000 \, d\Delta = [\varphi\varkappa\,(\tau - \Delta) - Fk\,(\Delta - \delta)]\,dz,$$

oder

$$\int \frac{1000\,fl}{\varphi\varkappa\tau + Fk\delta - (\varphi\varkappa + Fk)\,\Delta}\,d\Delta = \int dz;$$

alfo

$$-\frac{1000\,fl}{\varphi\varkappa + Fk}\,\text{log. nat.}\,[\varphi\varkappa\tau + Fk\delta - (\varphi\varkappa + Fk)\,\Delta] + \text{Conft.} = z + \text{Conft.}$$

Durch Einfetzen des Wertes Δ_0 ftatt Δ für $z = 0$ erhält man hieraus leicht

$$\frac{1000\,fl}{\varphi\varkappa + Fk}\,\text{log. nat.}\,\frac{\varphi\varkappa\tau + Fk - (\varphi\varkappa\delta + Fk)\,\Delta_0}{\varphi\varkappa\tau + Fk\delta - (\varphi\varkappa + Fk)\,\Delta} = z, \quad \ldots \quad 189.$$

und ferner durch Umgeftaltung diefer Gleichung

$$\Delta = \frac{\varphi\varkappa\tau + Fk\delta}{\varphi\varkappa + Fk} - \frac{\varphi\varkappa\tau + Fk\delta - (\varphi\varkappa + Fk)\,\Delta_0}{\varphi\varkappa + Fk}\,e^{-\frac{\varphi\varkappa + Fk}{1000\,fl}\,z} \quad . \quad 190.$$

Gleichung 190 liefert nun, wenn man $\tau = 120$ Grad, φ, wie tatfächlich meiftens der Fall, zu etwa $\frac{F}{10}$, genau $= 0{,}35$ qm, $\varkappa = 800$ fetzt, die Ordinaten des Schaulinienteiles AB in Fig. 363, fo dafs diefe Linie das Gefetz der Waffererwärmung darftellt.

Bevor ich auf die Befprechung der Gefamtlinie ABC eingehe, mufs ich noch rechtfertigen, warum in der Rechnung δ, d. i. die Temperatur der den Ofen umgebenden Luft, als unveränderlich angenommen worden ift, obgleich fich δ tatfächlich wegen der Verfchiedenheit der Ofentemperatur fortwährend ändert. Die Bewegung des δ unterliegt zahlreichen Einflüffen, die rechnungsmäfsig nicht verfolgt werden können, fo dafs ohne jene Annahme eine rechnungsmäfsige Behandlung überhaupt unmöglich fein würde. Andererfeits werden die Schwankungen der Lufttemperatur durch das Vermögen der Wände u. f. w., erhebliche Wärmemengen in

fich aufzufpeichern, innerhalb folcher Grenzen gehalten, dafs fie auf die Gröfse des Δ nur gering einzuwirken vermögen. Die punktierte Linie EHJ dürfte den Verlauf der Aenderung in der Temperatur der Zimmerluft richtig wiedergeben. Würden die zugehörigen Werte der Ordinaten diefer Linie ftatt des unveränderlichen δ in die Rechnung eingefuhrt, fo würden AB fowohl als BC weniger krumm ausfallen, die ungleichmäfsige Wärmeabgabe des Ofens aber nicht günftiger erfcheinen.

Diefe Wärmeabgabe fteht in geradem Verhältniffe zum Temperaturunterfchiede $\Delta - \delta$, fonach zu den Teilen der Ordinaten der Linie ABC, welche über EHJ oder, bei unveranderlichem $\delta = 20$ Grad, über AD liegen. Sie fchwankt fonach, zwifchen weit voneinander liegenden Grenzen, in dem Sinne, wenn auch nicht ganz in dem Mafse, wie die Wärmeabgabe des Kachelofens, welche durch die Linie $A_1 BC_1$ dargeftellt ift. Daraus ergibt fich zunächft eine entfprechende Ungleichmafsigkeit der Zimmertemperatur, welche leicht über die Grenzen des Erträglichen hinausgeht. Hat man dem Ofen beifpielsweife während 4 Anheizftunden fo viel Wärme zugeführt, als man in den folgenden 12 Stunden zum Warmhalten des betreffenden Zimmers gebraucht, fo kann durch Eingreifen des Wärmeauffpeicherungsvermögens der Wände, Decken, Möbel u. f. w. die Schwankung der Zimmertemperatur einigermafsen gemildert werden; erwärmt man den Ofen mehr, fo mufs man fich durch Oeffnen der Fenfter und Türen (wie beim Kachelofen) gegen die eintretende zu hohe Temperatur fchützen, ein Verfahren, welches recht laftig, wenn nicht gefundheitfchädlich ift. Für den Fall aber, dafs man den Wärmebedarf des Tages unterfchätzte, ift ein erneutes Anheizen viel weniger einfach als beim Kachelofen. Die Tatfache, dafs zu wenig Wärme aufgefpeichert worden ift, erkennt man erft beim Eintreten einer zu niedrigen Temperatur der Zimmerluft; man wird deshalb längere Zeit frieren müffen, bis der begangene Fehler ausgeglichen ift.

Diejenigen Warmwafferheizungen, welche in den warmzuhaltenden Räumen grofse Waffermengen enthalten — man findet fie häufig, namentlich in Gewächshäufern —, verhalten fich genau fo wie die foeben befprochene Dampfwafferheizung; die Wärmeabgabe der Wärmflafchen erfolgt nach der Linie BC in Fig. 363, da deren Erwärmung aufserhalb des zu heizenden Raumes ftattfindet.

Kann man denn die für einen gewiffen Zeitabfchnitt erforderliche Wärmemenge vorher genau genug beftimmen, um hiernach die Wärmeauffpeicherung zu bemeffen? Leider nein. In unferem Klima find Temperaturwechfel des Freien um 10 Grad innerhalb 24 Stunden nicht felten; fühlbarer ift noch der Einflufs der die Fenfter eines Zimmers treffenden Sonnenftrahlen, und zu beachten ift ferner die Richtung und Stärke des Windes. Diefe von vornherein nicht zu berechnenden Umftände können innerhalb weniger Stunden den Wärmebedarf in weitgehendem Mafse ändern.

Hieraus geht hervor, dafs die Heizung mittels Warmeauffpeicherung nur dann eine begehrenswürdige fein kann, wenn man jederzeit entfprechend dem Warmeabflufs aus dem zu heizenden Raume den Wärmezuflufs aus dem vorher aufgefpeicherten Vorrate regeln kann, d. h. das Heizen mit aufgefpeicherter Wärme kann nur das Regeln der Warmeentwickelung erleichtern; die Wärmeabgabe erfordert befonderes Regeln.

394. Regelung der Wärmeabgabe.

Die Regelung fur die Wärmeabgabe der Heizkörper kann ftattfinden[282]):

[282]) Siehe: Polyt. Journ., Bd. 234, S. 161.

1) durch Aendern des Temperaturunterfchiedes der Heizflächen und der fie befpülenden Luft oder

2) durch Aendern der Heizflächengröfse.

Das Aendern des genannten Temperaturunterfchiedes ift zu bewirken durch Aendern der Heizflächentemperatur oder der Lufttemperatur oder endlich durch Aendern beider.

395. Regelung bei Wafferheizungen.

Das erftere Verfahren tritt befonders deutlich hervor bei den Wafferheizungen. Die Temperatur des im Wärmeftrahler befindlichen Waffers wird durch verfchieden lebhaftes Feuern — vielleicht unter Vermittelung eines befonderen Reglers — oder verfchieden grofse Umlaufgefchwindigkeit geändert. Nur das letztgenannte Verfahren gibt zunächft Veranlaffung zu eingehender Erörterung, und zwar in Rückficht darauf, ob der Wärmeftrahler eine gröfsere oder geringere Waffermenge enthalten foll.

Die erfte und, wie ich gleich hinzufugen will, fchlechtefte der betreffenden Anordnungen wird durch Fig. 365 wiedergegeben. *A* fei der wärmeaufnehmende Körper, kurzweg Heizkeffel genannt, *B* der wärmeabgebende Körper oder Wärmeftrahler. *A* ift fo eingerichtet, dafs er nur wenig Waffer enthält; ich habe dies dadurch anzudeuten gefucht, dafs ich in Fig. 365 *A* als Rohrfchlange zeichnete. *B* enthält dagegen fehr viel Waffer. Wegen der geringen Waffermenge in *A* erwärmt fich diefe (nach Entzünden des Feuers) fehr rafch, fteigt empor und wird durch kälteres Waffer, das aus *B* niederfliefst, erfetzt. *B* wird dagegen nur fehr langfam erwärmt, in dem Sinne wie beim Dampfwafferofen, aber langfamer als dort. Nach Erlöfchen des Feuers hört die Wärmezufuhr auch nach *B* fofort auf, fo dafs der Wärmeftrahler fich nunmehr faft genau fo verhält wie der früher befprochene Dampfwafferofen und ihm die gleichen Mängel wie jenem eigen find. Selbft das völlige Abfperren des Wafferumlaufes fchwächt die Wärmeabgabe des Ofens nicht, wie das völlige Freilaffen ihn nicht merklich fördert.

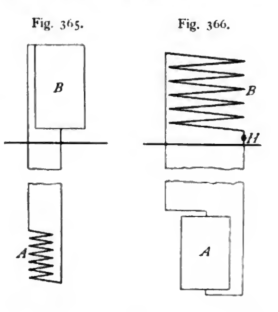


Fig. 365. Fig. 366.

An der entgegengefetzten äufseren Grenze fteht die Anordnung, welche Fig. 366 verfinnlicht. Hier enthält der Wärmeftrahler *B* möglichft wenig Waffer, was wieder durch Andeuten der Rohrfchlange leicht erkennbar gemacht worden ift, während im Heizkeffel *A* fehr viel Waffer vorhanden ift. Nach dem Entzünden des Feuers erwärmt fich *A* nur langfam, immerhin etwa ebenfo rafch wie *B* in Fig. 365; das in *A* erwärmte Waffer fteigt in bekannter Weife zu *B* empor und gibt hier Wärme ab.

Durch Einfchalten eines Ventils oder Hahnes in die Leitung zwifchen *A* und *B*, vielleicht bei *H* (Fig. 366), läfst fich nun die Waffermenge, welche in der Zeiteinheit die Schlange *B* durchftrömt — innerhalb gewiffer Grenzen, aber bis zum Aufhören des Wafferumlaufes — regeln, fo dafs dementfprechend verfchiedene Wärmemengen von dem in *A* aufgefpeicherten Vorrat in die Schlange *B* gelangen, alfo deren mittlere Oberflächentemperatur fich hiernach ändert und damit der beab-

fichtigte Zweck ohne weiteres erreicht wird. Je gröfser der Wafferinhalt des Wärmeftrahlers *B* ift, umfo fpäter folgt indes feine mittlere Ofentemperatur der vorgenommenen Hahnftellung.

Der Wafferinhalt der Wärmeftrahler verdient aus diefem Grunde befondere Aufmerkfamkeit. Deshalb mögen einige Angaben über den Wafferinhalt gegenüber 1 qm Heizfläche eingefchaltet werden. Es entfallen:

bei 0,032 m weiten Heizrohren	0,35 Liter,
» 0,02 m weiten Plattenöfen	1,00 »
» den Gliederöfen . . . . . 5,00 bis	8,00 »
» den Oefen von *Pflaum & Gerlach*[283])	17,25 »
» » » » *H. Röficke*	35,00 »
» » » » *Joh. Haag*	37,50 »
» » » » *Titel & Wolde* . .	48,00 »

Rechnet man nun 300 Wärmeeinheiten als durchfchnittliche Wärmeabgabe, fo findet man, dafs nach völligem Abfperren des Wafferumlaufes der Ofen von *Titel & Wolde* rund 10 Minuten bedarf, um nur 1 Grad kälter zu werden! Eine fo träge wirkende Regelung ift faft ohne jeden Wert.

Die weniger Waffer enthaltenden Oefen find denn auch mehr und mehr beliebt geworden; will man mit ihnen die Wärmeauffpeicherung verbinden, fo ift nur nötig, dem Wafferwärmer *A* (Fig. 366) einen entfprechend grofsen Wafferraum zu geben. Von diefem läfst fich durch Regelung des Wafferumlaufes die Wärme dem Bedarfe gemäfs auf angegebenem Wege entnehmen. In gleicher Weife wirkt die Dampf-Warmwafferheizung[284]).

396. Regelung bei Dampfwafferheizungen.

Bei beiden darf aber nicht überfehen werden, dafs die Feuerungs-, bezw. die der Dampfentwickelung dienende Anlage im ftande fein mufs, genügend rafch die grofse Waffermenge zu erwärmen.

Folgendes Beifpiel möge dies noch erläutern.

Es werde in das Auge gefafst, behufs bequemer Bedienung auch bei gröfster Kälte die für einen Tag erforderliche Wärme innerhalb weniger Stunden zu entwickeln; zu diefem Zwecke fei Dampfwafferheizung in Ausficht genommen. Das Beifpiel, welches Fig. 363 darftellt, kann alsdann der Erörterung zu Grunde gelegt werden. Zunächft ift erkennbar, dafs das erforderliche Auffpeicherungsvermögen ohne Schwierigkeit gewonnen werden kann. Zu unterfuchen ift noch, welche Dampfmengen gefordert werden. Man wird geneigt fein, anzunehmen, dafs der bei gleichförmigem Heizen in der Zeiteinheit erforderliche Dampf nur viermal zu nehmen fei, wenn man in 4 Stunden dem Waffer fo viel Wärme zuführen will, wie in 16 Stunden gebraucht wird. Diefe Anfchauung beruht jedoch auf einem Irrtum, indem während des Wafsererwärmens bedeutend wechfelnde Dampfmengen zur Verdichtung gelangen.

Die Gleichung 190 (S. 368) gewährt einen Einblick in das Gefetz des Dampfverbrauches des Ofens. Die Wärmeüberführung vom Dampf in das Waffer, fomit der Dampfverbrauch, fteht in geradem Verhältnis zum Temperaturunterfchied $\tau - \Delta$. In der krummen Linie *A B* (Fig. 363) liegen die Endpunkte derjenigen Ordinaten, welche, von der Nulllinie *E P* ab gemeffen, die Temperaturen Δ des Waffers $1/4$, $1/2$, 1 u. f. w. Stunden nach Beginn des Anheizens darftellen, in der geraden Linie *L Q* diejenigen, welche die unveränderliche Temperatur des Dampfes wiedergeben. Die zwifchen *A B* und *L Q* liegenden Teile der Ordinaten beftimmen daher die Temperaturunterfchiede zwifchen Dampf und Waffer und damit den Dampfverbrauch, z. B. *R S* den Dampfverbrauch eine Stunde nach Beginn des Anheizens. Die Fläche *A B Q L* entfpricht dem Dampfverbrauche während der ganzen Dauer des Anheizens, welcher in folgender Weife zu berechnen ift. Heifst diefe Dampfmenge *q* (in Kilogr.) und wird angenommen, dafs 1 kg Dampf 522 Wärmeeinheiten abzugeben vermag, fo ift

---

283) Siehe: Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1884, S. 738

284) Vergl. ebendaf. 1882, S. 439.

$$q = \int_0^{z'} \frac{(\tau - \Delta)\, \varphi\, \varkappa\, d\, z}{522} \quad \text{. . . . . 191.}$$

In diefe Gleichung ift der Wert für Δ aus Gleichung 190 einzufetzen, um eine verwendbare Formel für q zu gewinnen.

Für das vorliegende Beifpiel liefert die letztere $\backsim$ 77 kg, welche Dampfmenge, auf die Heizzeit von 16 Stunden gleichmäfsig verteilt, in Fig. 363 durch das Rechteck *L M N O* dargeftellt wird. Vergleicht man nun die Ordinaten diefer Fläche mit denjenigen der Fläche *A B Q L*, fo erkennt man fofort, dafs bei Beginn des Anheizens mehr als das 11fache, und ½ Stunde nach diefer Zeit noch das 8fache desjenigen Dampfes verbraucht wird, welcher bei gleichmäfsiger Dampfzufuhr während der 16ftündigen Heizdauer nötig fein würde. Eine geringere Dampfzufuhr als die verlangte führt zu Mifslichkeiten, welche ich hier nicht weiter erörtern will; nur fei erwähnt, dafs durch fie fogar die Dampffchlange zerftört werden kann. Für das in Rede ftehende Verfahren find fonach ungemein grofse Dampfkeffel, weite Dampfrohre und fehr leiftungsfähige Ableiter für das Niederfchlagwaffer nötig. Ich will geftehen, dafs die Uebelftände, welche aus dem Nichtbeachten diefer Tatfache bei einer fehr grofsen Anlage, die ungenannt bleiben möge, entftanden find, mich zu der Aufnahme des gegenwärtigen Themas veranlafst haben.

397. Regelung bei Dampfheizungen.

Bei Dampfheizungen kann man durch teilweifes Schliefsen des Zuftrömungsventils die Spannung des im Ofen befindlichen Dampfes vermindern, womit eine Verminderung der Heizflächentemperatur im Zufammenhange fteht. Die Dampffpannung mufs, behufs wirkfamer Regelung der Wärmeabgabe, oft weit unter diejenige der Atmofphäre finken, fo dafs das gebildete Waffer nicht mehr felbfttätig den Ofen verläfst, ja, wenn die Wafferableitungsrohre mehrerer Oefen fich in einem gemeinfchaftlichen Rohre fammeln, das Waffer diefes Rohres, bezw. benachbarter Oefen unter polterndem Geräufch in den in Rede ftehenden Ofen ftrömt. Man kann letzteres durch Einfchalten eines fog. Rückfchlagventils verhindern, welches das Waffer fo lange abfliefsen läfst, wie vor ihm eine gröfsere Spannung herrfcht als hinter ihm, dagegen fich fchliefst, fobald die Spannungen gleich oder vor dem Ventil niedriger als hinter ihm find. Ein folches Ventil verfagt jedoch zuweilen und gibt fonft Veranlaffung zu Störungen, weshalb man es zu vermeiden fucht.

398. Regelung mittels Aenderung der Lufttemperatur.

Man kann ferner den Wärmeaustaufch regeln, indem man die Gröfse des gewünfchten Temperaturunterfchiedes der Heizflächen, bezw. der Kuhlflächen und der Luft durch Aenderung der Lufttemperatur gewinnt.

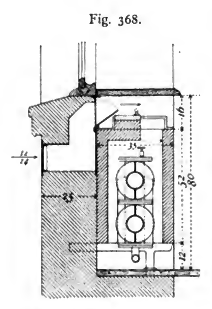
In Fig. 367 bezeichne *A* den Heizofen, *B* die möglichft wenig leitenden Wande der Heizkammer, *C* die Einftrömungs- und *D* die Ausftrömungsöffnung der Luft, welche letztere vermöge des Schiebers *E* verengt werden kann. Je mehr man mit Hilfe des Schiebers *E* die Ausftrömungsöffnung *D* verkleinert, je weniger Luft aus *D* zu entweichen und bei *C* einzutreten vermag, umfo höher wird die Temperatur der Luft, umfo kleiner der Temperaturunterfchied des Körpers *A* und der umgebenden Luft. Durch völliges Schliefsen der Oeffnung *D* hört jeder Luftwechfel auf; die Temperatur der Luft nähert fich mehr und mehr der Heizflächentemperatur, bis zuletzt eine Wärmeabgabe der Heizflächen nicht mehr ftattfindet. Ift *A* nicht ein Heiz-, fondern ein Kühlkörper, fo ift der Schieber *E* oder eine fonftige ebenfo wirkende Einrichtung an die nunmehr unten befindliche Ausftrömungsöffnung anzubringen. Man findet diefe Art der Regelung allgemein in den fog. Eiskellern, d. h. gewerblichen Zwecken dienenden Räumen, welche durch mit Eis gefullte Kuhlkammern eine regelmäfsige Kühlung erhalten. Die Kuhlfläche ift dann immer fehr

Fig. 367.

grofs; durch Hemmen des Luftwechfels vermag man den Wärmeaustaufch trotzdem fo zu regeln, dafs die einmalige Eisfullung von Winter zu Winter genügt.

Ich habe diefes Regelungsverfahren für Heizungen bereits 1879 angewendet[285]); durch *Bechem & Poft* in Hagen ift es vorteilhaft ausgebildet und zu ausgedehnter Ausführung gelangt. Fig. 368 zeigt die Anordnung von *Bechem & Poft*, wie fie für die Einzelzimmer des Eppendorfer Krankenhaufes angewendet worden ift.

Fig. 368.



Regelungseinrichtung von *Bechem & Poft.*

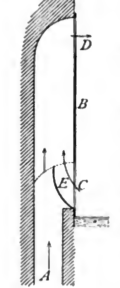
Unter den Fenfterbänken find Gliederöfen aufgeftellt und von leicht abnehmbaren, wärmedichten, aus einer Art Pappe angefertigten Mänteln umgeben. Jeder Mantel ift aber mittels eines Schiebers im wefentlichen luftdicht zu fchliefsen. In der Fenfterbrüftung ift ein mittels Klappe verfchliefsbarer Kanal für die Zufuhr frifcher Luft angebracht.

Bei Luftheizungen dienen nicht felten die Klappen, welche den Luftaustritt regeln, in demfelben Sinne. Das vorliegende Regelungsverfahren leidet jedoch an dem Uebelftande, dafs die Luft bei geringerem Wärmebedarf mit fehr hoher Temperatur in das Zimmer tritt, wodurch, wie früher erörtert, der Unterfchied der Temperatur unter der Decke und über dem Fufsboden beträchtlich wird, auch die von der heifsen Luft getroffenen fchmückenden Teile des Zimmers eine Schädigung erleiden.

Bechem & Poft hindern dies durch über die Regelmäntel geftülpte Ziermäntel, indem innerhalb der letzteren, über den erfteren, das Mifchen der fehr warmen Luft mit kälterer Luft des Zimmers ftattfindet.

E. Kelling[286]) hat zu gleichem Zwecke die durch Fig. 369 abgebildete, für Luftheizungen beftimmte Klappenanordnung verwendet.

Fig. 369.



Klappenanordnung von *E. Kelling.*

A ift der von der Heizkammer emporfteigende Schacht. Er ift in dem zu heizenden Zimmer zum Schlitz ausgebildet, letzterer aber durch die eiferne Platte *B* wieder gefchloffen. In *B* befinden fich zwei vergitterte Oeffnungen, von denen die obere *D* dem Austritt warmer Luft dient, während die untere *C* den Eintritt der Zimmerluft vermitteln foll. *C* gegenüber befindet fich eine Klappe *E*, welche zunächft dazu dient, den Lufteintritt in *C* zu regeln, bei weiterem Zurücklegen aber den Querfchnitt für die durch *A* emporfteigende warme Luft verengt, d. h. die dem Zimmer zugeführte Wärmemenge regelt. Ueber der Klappe *E* mifcht fich nun die warme Luft mit der kälteren Zimmerluft, fo dafs die Oeffnung *D* mäfsig erwärmte Luft dem Zimmer zuführt.

Es fei darauf hingewiefen, dafs durch diefe Klappenanordnung bei unbefchränktem Querfchnitt für die Heizluft eine nennenswerte Menge kälterer Luft der erfteren beigemifcht, alfo die Temperatur der Heizluft auch bei voller Inanfpruchnahme der Heizung ermäfsigt werden kann.

Die fog. Mifchklappen der Luftheizungen (fiehe Art. 306, S. 260) geftatten das Hemmen der Luftbewegung längs der Heizflächen, eine Steigerung der Lufttemperatur und damit eine Regelung der Wärmeabgabe. Sie vermitteln gleichzeitig das Beimifchen kälterer Luft zu derjenigen, welche von

285) Siehe: Polyt Journ, Bd. 234, S. 167.

286) Siehe: Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1883, S. 612.

den Heizflächen kommt, verengen hierbei aber den Gefamtquerfchnitt für die frifche Luft nicht. Auch für örtlich aufgeftellte Heizkörper werden folche Mifchklappen[287]) oder nach Umftänden Mifchfchieber[288]) mit Vorteil angewendet.

Das vorliegende Regelungsverfahren mufs hiernach als zweckmäfsig bezeichnet werden, da es Ventile oder Hähne zur Regelung des Wafferumlaufes oder Dampfeintrittes entbehrlich macht, fonach verhältnismäfsig geringe Anlagekoften verurfacht, aufserdem aber fofort nach dem Einftellen des Schiebers oder der Klappe der Erfolg merkbar wird.

Es ift auch mit Vorteil angewendet für die Regelung der Wärmeabgabe, wenn mit aufgefpeicherter Wärme geheizt wird[289]). In einer Lübecker Schule regelt man z. B. die Wärmeabgabe gemauerter, fehr dickwandiger Feuerluftheizungsöfen, die täglich nur wenige Stunden geheizt werden, auf diefem Wege.

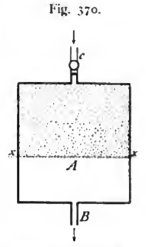
Eine genügende Mifchung der warmen und kalteren Luft gelingt jedoch mit Sicherheit nur in einem längeren Kanal; auch ift es fchwer, das geeignete Verhältnis beider Luftarten zu treffen, da die erwärmte Luft nach dem Verengen der Ausftrömungsöffnung D in Fig. 367 erft allmählich die höhere Temperatur gewinnt. Endlich fehlt es an einem völlig wärmeundurchläffigen Stoffe, fo dafs bei fehr mildem Wetter die Wärmeabgabe zuweilen auch bei gefperrter Luftbefpülung noch zu grofs ausfällt.

399. Regelung mittels Verkleinerung der Heizfläche.

Dies ift Urfache, die Möglichkeit des Verkleinerns der Heizfläche näher in das Auge zu faffen.

Bei Dampfheizungen ift die Heizfläche auf folgendem Wege zu verkleinern. Man fchliefst den Wafferabflufs; alsdann ftaut das Waffer mehr und mehr an und fperrt die von ihm berührten Heizflächen vom Dampf ab. Nachdem die Wärme des Waffers diefem entzogen ift, find die betreffenden Heizflächen von der Wärmeabgabe ausgefchloffen. Durch forgfaltiges Einftellen des Wafferablafshahnes vermag man nun nur fo viel Waffer abfliefsen zu laffen, als die verkleinerte Heizfläche verdichtet. Ohne weiteres ift jedoch zu überfehen, dafs diefe Art der Regelung eine befondere Gefchicklichkeit verlangt. *Käuffer* hat einen Dampfofen patentiert erhalten[290]), in welchem in verfchiedenen Höhen Wafferabflufsöffnungen vorhanden find, fo dafs man einen beftimmten Teil der Heizfläche mit Sicherheit auszufchalten vermag. Die Anordnung befeitigt jedoch die träge Wirkung diefes Regelungsverfahrens nicht. Wenn man ftundenlang warten foll, bevor die Regelung fühlbar oder ihr Grad fchätzbar ift, fo wird man nicht befriedigt werden. Dafs die Wirkung erft fehr allmählich eintritt, habe ich durch Rechnung nachgewiefen[291]).

Fig. 370.



Regler von *Käuffer.*

Für Niederdruck-Dampfheizungen hat *Käuffer* fpäter[292]) folgenden hübfchen Gedanken verwirklicht. Der Wärmeftrahler A (Fig. 370) fteht vermöge des Wafferabflufsrohres B mit der Atmofphäre in freier Verbindung, während das Dampfzuflufsrohr c mittels Ventils abftellbar ift. Regelt man nun den Dampf-

[287]) Siehe: Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1879, S. 323.

[288]) Siehe ebendaf. 1882, S. 440; 1885, S. 892.

[289]) Vergl.: JUNGFER, H. R. Verbefferte Anlage für Luftheizungen. Görlitz 1883 — ferner: Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1885, S. 892.

[290]) D. R.-P. Nr. 6320.

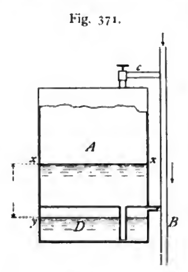
[291]) In: Polyt. Journ., Bd. 234, S. 163.

[292]) Siehe: Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1886, S. 672

zuflufs fo, dafs die über der Linie xx befindliche Heizfläche die einftrömende Dampfmenge niederzufchlagen vermag, fo füllt fich, wegen des geringeren Dampfgewichtes gegenüber dem Luftgewichte, der Heizkörper überhaupt nur bis zur Linie xx mit Dampf, während fein unter diefer Linie gelegener Raum mit Luft gefüllt ift, d. h. nur die oberhalb xx gelegene Heizfläche vermag Wärme abzugeben. Dem erhobenen Vorwurfe, dafs infolge der vorliegenden Regelungsart ein fortwährender Luftwechfel im Heizkörper und in den Niederfchlagwafferrohren ftattfindet, welcher das Verroften der (eifernen) Wandflächen fördert, begegnet *Käuffer* durch die Anlage einer befonderen Luftleitung mit Luftbehälter, fo dafs eine und diefelbe Luft in die Heizkörper u. f. w. tritt, bezw. aus ihnen verdrängt wird[293]). Auf dem Dampfeintrittsventil ruht der Dampfdruck der Leitung, hinter ihm derjenige der Atmofphäre. Bei nicht fehr gefchickter Anlage kann der auf das Dampfventil wirkende Dampfüberdruck zeitweife grofs genug werden, um ein unangenehm pfeifendes Geräufch zu verurfachen.

Bei einer von *Schweer* erdachten Regelungsart[294]), welche als eine weitere Ausbildung der letzterwähnten *Käuffer*'fchen betrachtet werden mufs, fehlt der Luftwechfel im Heizkörper und ift der Druck auf das Ventil kleiner. Unter den Wärmeftrahler A (Fig. 371) ift ein Waffergefäfs D geftellt, an welches fich das Niederfchlagwafferrohr B fchliefst. Aus A fliefst das Waffer in D vermöge eines Rohres, welches bis nahe an den Boden des letzteren Gefäfses reicht; der Rauminhalt des Gefäfses D ift gröfser als derjenige des Heizkörpers A. Den Dampfeintritt zu A vermittelt das Rohr C, welches mit einem Ventil verfehen ift; C fteht in freier Verbindung mit dem oberen Teile des Gefäfses D, fo dafs über dem Wafferfpiegel des letzteren der volle Dampfdruck herrfcht. Regelt man nun den Dampfzutritt fo, dafs die über xx befindliche Heizfläche den Dampf niederzufchlagen im ftande ift, fo wird aus D das Waffer nach A gedrückt, und zwar bis zur Linie xx. Auf dem Dampfventil laftet der Druck der Wafferfäulenhöhe xy, alfo ein vom Dampfdrucke in der Leitung unabhängiger. Weitere Einzelheiten fiehe in der angezogenen Quelle[294]).

Fig. 371.



Regelungseinrichtung von *Schweer*.

Der Wafferbehälter D unter dem Heizkörper A ftört nun in mehr als einer Hinficht. *Gebr. Körting* haben deshalb das *Schweer*'fche Regelungsverfahren wie folgt ausgebildet[295]).

In der fchematifchen Fig. 372 bezeichnet R eine Feuerung mit Korbroft, K den Keffel, St das Standrohr. Von K aus führt das Rohrwerk D den Dampf zu den Heizkörpern H. Das hier entftehende Niederfchlagwaffer fliefst durch das Rohrnetz r_1 und r_2 in die offenen Wafferbehälter W_1 und W_2, von wo ab es in den Keffel K hinabfällt. Die Waffergefäfse W_1 und W_2 vertreten die Waffergefäfse D (Fig. 371) der urfprünglichen *Schweer*'fchen Anordnung; fie find fo grofs und fo hoch aufgeftellt, dafs fie das Waffer fämtlicher zugehöriger Heizkörper H aufzunehmen, aber auch diefe Heizkörper vollftändig zu füllen vermögen. Insbefondere münden die Ueberlaufrohre C in folcher Höhe in die Gefäfse W_1 und W_2, dafs letztere unter allen Umftänden die zum Füllen der Heizkörper erforderliche Waffermenge zurückhalten. Oeffnet man nun das über einem der Heizkörper befindliche Dampfventil, fo verdrängt der eintretende Dampf

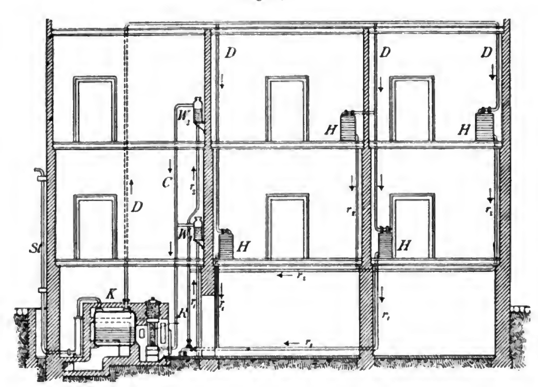
293) Siehe: Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1888, S. 779.

294) Siehe ebendaf., S. 778.

295) Siehe ebendaf., 1889, S. 565.

fo viel Waffer nach dem betreffenden Gefäfs *W*, dafs die frei werdende Heizfläche den nachftrömenden Dampf niederzufchlagen vermag; verengt man den Zuflufsquerfchnitt des Dampfventils, fo ftaut von dem betreffenden *W* aus Waffer in den Heizkörper und verkleinert die Heizfläche des letzteren.

Fig. 372.



Der Dampfdruckunterfchied am Ventil ift vom Dampfdruck in den Rohren, wie bei *Käuffer* (fiehe S. 375) abhängig, weshalb fowohl die Ventilanordnung als auch diejenige des Rohrnetzes eine gefchickte Hand verlangt, wenn ftörende Geräufche vermieden werden follen. Erfchwerend für die Anwendung des befchriebenen *Gebr. Körting*'fchen Regelungsverfahrens ift aber der Umftand, dafs der Dampfdruck am Heizkörper gröfser fein mufs als der Unterfchied der Wafferfpiegelhöhen im Heizkörper und im zugehörigen Gefäfse *W*, und der fernere, dafs das Niederfchlagwaffer einen viele Widerftände bietenden Weg zurückzulegen hat. Man wird deshalb in der Regel im Dampfentwickler gegen 0,3 Atmofphären (3000 kg für 1 qm) Dampfüberdruck haben müffen, um die vollen Heizflächen ausnutzen zu können.

Wegen weiterer hierher gehörender Vorfchläge vergl. die Quellen[296].

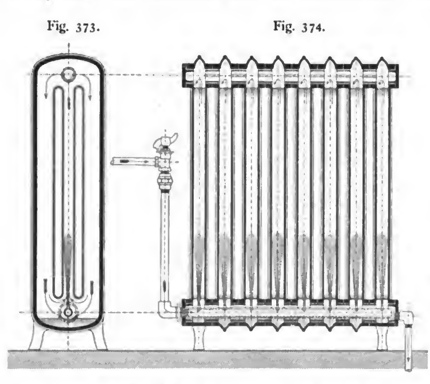
Wie Fig. 370 u. 371 ohne weiteres erkennen laffen, wird der untere Teil der Heizfläche der Oefen kaltgeftellt, fobald man eine geringere als die volle Leiftung in Anfpruch nimmt. Dies hat bei freiftehenden Heizkörpern zur Folge, dafs die nahe über dem Fufsboden liegende Luft nur zufällig erwärmt wird. Diefer Umftand reifte um das Jahr 1890 bei *Käuffer & Co.* in Mainz den Gedanken, den Dampf mit Luft zu mifchen, um bei unveränderter Heizflächengröfse eine geringere Wärmeabgabe zu erzielen. Das Gemifch von Dampf und Luft ift weniger warm als der reine Dampf, fo dafs die vorliegende Regelungsart in ihrer Wirkung der bei Wafferheizung gebräuchlichen gleicht und demnach fchon an einer früheren Stelle

[296]) Fischer, H. Ueber Regelung der Wärmeabgabe bei Dampföfen. Polyt Journ., Bd. 234, S. 161. — D. R.-P. Nr. 10711.

hätte befprochen fein follen. Die gefchichtliche Entwickelung hat mich veranlafst, fie erft hier anzufchliefsen.

Um das Jahr 1894[297]) traten *Gebr. Körting* mit einem vervollkommneten Mifchungsverfahren von Dampf und Luft in die Oeffentlichkeit.

Fig. 373 u. 374 find zwei lotrechte Schnitte eines glattwandigen Gliederofens. Jedes Glied (Fig. 373) befteht aus drei lotrechten Rohren, die oben und unten miteinander in freier Verbindung ftehen. Die Glieder find unter fich oben und unten durch Nippel verbunden. Der Dampf wird unten in den Ofen eingeführt, und zwar durch ein Rohr, welches unter dem mittleren Rohr jedes Gliedes eine Düfe enthält. Der Dampfftrahl reifst die ihn umgebende Luft mit fich fort und treibt das Gemifch durch das mittlere Rohr jedes Gliedes empor. Oben angekommen, verteilt fich das Gemifch in die beiden feitlichen Rohre und finkt in ihnen nach unten. Das in Fig. 374, rechts unten, angegebene Rohr läfst Waffer und Luft abfliefsen, aber auch Luft zufliefsen. Läfst man weniger Dampf eintreten, fo finkt der Dampfdruck im Ofen, wodurch Luft eingefaugt wird; öffnet man das Dampfventil mehr, fo wird Luft verdrängt. Der Druck im Heizkörper ift von demjenigen der äufseren Atmofphäre nur fehr wenig verfchieden.



Gebr. Körting's Dampfofen mit fog. Luftumwälzung.

In jedem Glied des Ofens findet, wie angegeben, ein Umlauf des Gemifches ftatt. Im Mittelrohr ift das Gemifch dampfreicher als in den beiden äufseren Rohren, alfo hier auch leichter als dort. Daher find die Düfen nicht erforderlich, um durch die lebendige Kraft des von ihnen gelieferten Dampfftrahles den Umlauf zu bewirken. Sie erleichtern aber das Anpaffen der an jedes Glied abzuliefernden Dampfmenge und bieten Gelegenheit, um zu reichliches Eintreten des Dampfes bei ganz geöffnetem Dampfventil zu verhüten.

Kaeferle ordnet die Mifcheinrichtung nach Fig. 375 bis 377 an.

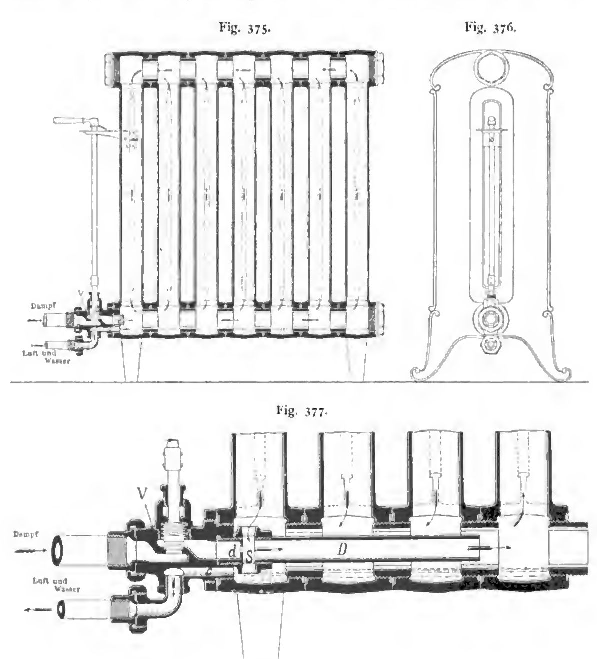
Die einzelnen Glieder bilden — nach Fig. 376 — einen Rohrring, enthalten alfo nur zwei lotrechte Rohre. Der Umlauf wird dadurch bewirkt, dafs das Gemifch auf der einen Seite dampfreicher, alfo leichter ift als auf der anderen Seite. Es hängt von Nebenumftänden ab, ob das Gemifch in Bezug auf Fig. 376 rechts oder links emporfteigt; nachdem aber in einem der lotrechten Schenkel die Bewegung nach oben begonnen hat, wird fie in gleichem Sinne fortgefetzt.

Der Dampf wird durch das Ventil *V* und die angefetzte Düfe *d* eingelaffen. Die Oeffnung der letzteren ift fo bemeffen, dafs felbft bei ganz geöffnetem Ventil kein Dampf im Ueberfchufs eintreten kann. Durch die lebendige Kraft des aus *d* tretenden Dampfftrahles wird die umgebende Luft in lebhafte Bewegung verfetzt und in die unteren Enden fämtlicher Glieder getrieben.

Ift der Dampfdruck fehr gering oder die Zahl der zufammengefetzten Ofenglieder fehr grofs, fo fügt *Kaeferle*, nach Fig. 377, der Düfe einen Sauger *S* mit dem Rohre *D* an. Beide fördern

[297]) Vergl.: Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1895, S. 477.

das Mifchen, und das Rohr leitet das Gemifch weiter in den Ofen hinein, fo dafs auch die entfernteft liegenden Glieder gut verforgt werden. Im Ventilkörper *V* befindet fich unter dem



Fr. Kaeferle's Dampfofen mit Luftmifchung.

Dampfwege eine Bohrung *c*, die zum Ableiten von Waffer und Luft dient, aber auch der Luft freien Eintritt gewährt. Diefes Zufammenführen der Ein- und Austrittswege in einem einzigen Körper *V* erleichtert das Aufftellen des Ofens.

Im vorhergehenden find wiederholt Ventile und Klappen als Hilfsmittel des Regelns genannt. Sie wirken durch Verengen des Durchflufsquerfchnittes. Es würde nun ein folgenfchwerer Irrtum fein, wenn man annehmen wollte, dafs die durchfliefsende Flüffigkeitsmenge im geraden Verhältnis zum Durchflufsquerfchnitt ftehe, d. h. dafs z. B. durch Schliefsen des Ventils auf die Hälfte die Durchflufsmenge auf die Hälfte vermindert werde.

Nach Gleichung 71 (S. 183) betragen die Widerftande einer Leitung

$$\Sigma p = \left[\varkappa l \frac{u}{q} \left(\frac{1}{v} + 20 \right) + \Sigma \xi \right] \gamma \frac{v^2}{2g} .$$

Diefe Gleichung fetzt voraus, dafs innerhalb der Leitung, für welche das Σp gilt, überall dasfelbe v, $\varkappa$, $\frac{u}{q}$ und γ gilt. Aendert fich eine oder ändern fich mehrere diefer Gröfsen, fo fetzen fich die Widerftände aus mehreren Gliedern zufammen nach der Form

$$\Sigma p = \left[\varkappa_1 l_1 \frac{u_1}{q_1} \left(\frac{1}{v} + 20 \right) + \Sigma \xi_1 \right] \gamma_1 \frac{v_1^2}{2g}$$
$$+ \left[\varkappa_2 l_2 \frac{u_2}{q_2} \left(\frac{1}{v_2} + 20 \right) + \Sigma \xi_2 \right] \gamma_2 \frac{v_2^2}{2g} + \text{u. f. w.}$$

Wird nun durch teilweifes Schliefsen des Ventils die Flüffigkeitsmenge kleiner, fo wird die Gefchwindigkeit v in allen Teilen der Leitung, aufser dem Ventil, kleiner, alfo auch die zugehörigen Widerftände. Der Gefamtwiderftand Σp ändert fich aber nicht, da der zum Ueberwinden von Σp dienende Druck fich nicht ändert. Folglich mufs der Widerftand des Ventils, d. h. die hier herrfchende Gefchwindigkeit gröfser werden. Sobald das Glied der Widerftandsreihe, welche das Ventil angeht, gegenüber den übrigen Gliedern unbedeutend ift, fo gehört eine ftarke Steigerung feines v dazu, um die Verkleinerung der letzteren auszugleichen, d. h. das Ventil ift wenig empfindlich. Es kommt nicht felten vor, dafs man den Ventilquerfchnitt auf $^1/_{10}$ und weniger verkleinern mufs, um die Flüffigkeit halb fo grofs als vorher zu machen. Deshalb wird zuweilen der volle Ventil- oder Klappenquerfchnitt erheblich kleiner gemacht, als die übrigen Querfchnitte der Leitung find, lediglich um die Gefchwindigkeit im Ventil grofs, alfo das zugehörige Widerftandsglied in der Reihe überwiegend zu machen.

Die gefonderte Regelung der Wärmeabgabe bedingt, dafs entweder die überfchüffig entwickelte Wärme in einen Speicher übergeht oder die Wärmeentwickelung mit dem jederzeitigen Wärmeverbrauch in Einklang gebracht wird.

400. Regelung bei Wärmeauffpeicherung.

Wie die Wärmeauffpeicherung ftattfindet, ift in den früheren Erörterungen genügend angegeben; es handelt fich alfo hier noch um die Regelung des Feuers gegenüber dem Wärmeverbrauch.

401. Selbfttätige Regelung.

Sie kann auf Grund der Temperaturbeobachtung der Heizkammer, des Heizwaffers oder der Dampffpannung ftattfinden, und zwar mittels der Hand oder felbfttätig.

Da eine beftimmte Gröfse der Feuerftelle nur unvollkommen in gröfserem Mafse wechfelndem Brennftoffverbrauche dienen kann, fo entfchliefst man fich vielfach dazu, fo lange fie unter Auffpeicherung der überfchüffigen Wärme ihren Abmeffungen entfprechend zu benutzen, bis die für einen beftimmten Zeitabfchnitt, z. B. 24 Stunden, erforderliche Wärme entwickelt ift, und darauf das Feuer verlöfchen zu laffen. Dies ift die wefentlichfte Veranlaffung für das Heizen mit aufgefpeicherter Wärme. Hat man fich für diefes einmal entfchieden, fo werden wohl Feuerftelle und Wärmefpeicher fo viel erweitert, dafs das Feuer überhaupt höchftens vom frühen Morgen bis zum fpäten Abend im Betrieb zu fein braucht.

Innerhalb mäfsiger Grenzen läfst fich jedoch jede Feuerftelle für verfchiedene Brennftoffmengen bei guter Brennftoffausnutzung verwenden. Um diefe Grenzen nicht

überſchreiten zu müſſen, zerlegt man die Feuerſtelle, bezw. die mit ihr verbundenen Feuerluftheizungsöfen oder Waſſererwärmer, auch Dampfentwickler, in mehrere Teile und benutzt zur Zeit nur ſo viel davon, wie dem Wärmebedarf etwa angemeſſen iſt. Die gebräuchlichſte Zerlegung iſt diejenige in zwei Teile, im Verhältnis 1 : 2, ſo daſs die einzelnen Feuerſtellen $\frac{1}{3}$, bezw. $\frac{2}{3}$ und beide zuſammen $\frac{3}{3}$ des höchſten Wärmebedarfes zu liefern im ſtande ſind. Auch wird die Zerlegung im Verhältnis 1 : 2 : 4, welche $\frac{1}{7}$, $\frac{2}{7}$, $\frac{3}{7}$, $\frac{4}{7}$, $\frac{5}{7}$, $\frac{6}{7}$ und $\frac{7}{7}$ zu benutzen geſtattet, angewendet. Bei Anlagen, welche aus anderen Gründen eine gröſsere Zahl Feuerſtellen verlangen, werden dieſe unter ſich gleich gemacht.

Neuerdings ſind nun zahlreiche Einrichtungen erdacht, welche eine ſelbſttätige Regelung des Feuers auf Grund der oben angegebenen Umſtände: Temperatur der Heizkammer, des Heizwaſſers oder der Dampfſpannung, ermöglichen. Die Regelung wird bisher ausſchlieſslich durch Beſchränken des Luftzutrittes bewirkt, bedingt alſo ſchwer vergaſenden Brennſtoff (Koke) und raſche Abfuhr der Wärme, weil anderenfalls zeitweiſe unvollſtändige Verbrennung (Kohlenoxydgasbildung) in erheblichem Grade eintreten würde. Hierüber iſt das Nötige in Art. 338 (S. 303 ff.) geſagt.

b) Erkennen der Zuſtände.

402. Mittel zur Erkennung.

Soweit die Regelung im geheizten (oder gekühlten) Zimmer ſtattfindet, bedient man ſich zur Beobachtung der Temperaturen der gewöhnlichen Thermometer. Der Feuchtigkeitszuſtand kann — es iſt dies wenig gebräuchlich — unter Benutzung eines der in Art. 180 (S. 148 u. 149) beſchriebenen Feuchtigkeitsmeſſer erkannt werden. Den Luftwechſel beobachtet man, ſowohl wenn die Regelung im zu lüftenden Zimmer als auch wenn er auſserhalb des letzteren ſtattfindet, durch ſtatiſche Luftgeſchwindigkeitsmeſſer (ſiehe Art. 248 u. 251, S. 206 u. 208) oder auch gar nicht.

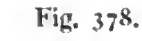
Soll die Temperatur an einem auſserhalb des zu heizenden (oder zu kühlenden) Raumes gelegenen Orte geregelt werden, ſo ſind Fernthermometer anzuwenden.

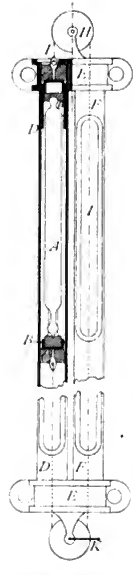
Man bringt z. B., wenn die Bedienung vom Vorraume aus ſtattfindet — vielleicht an der Tür — ein Queckſilberthermometer ſo an, daſs es von der Zimmerluft frei beſpült und von auſsen beobachtet werden kann, ohne daſs der drauſsen ſtehende Wärter in das Zimmer zu blicken vermag. Liegt aber die Bedienungsſtelle entfernter, ſo verurſacht die Beobachtung derartiger Thermometer zu viel Zeitaufwand.

403. Bewegliche Thermometer.

Recht zweckmäſsig iſt für die vorliegende Aufgabe die durch Fig. 378 wiedergegebene Thermometeranordnung.

A bezeichnet ein gewöhnliches Queckſilberthermometer, welches, unter Vermittelung zweier Korkſtücke, in der Faſſung *B* ruht. Die Faſſung hängt an einer Kette *I*, die über eine obere Rolle *H* gelegt iſt, an der rechten Seite der Abbildung ein das Gewicht des gefaſsten Thermometers ausgleichendes Gegengewicht trägt, um eine untere Rolle mit Handkurbel *K* ſich legt und ſchlieſslich am unteren Ende der Thermometerfaſſung *B* befeſtigt iſt. Die Kette, das Thermometer und das Gegengewicht befinden ſich in zwei ſchmiedeeiſernen Rohren *F*, welche durch die Köpfe *E* untereinander und mit der Wand des Gebäudes verbunden ſind; ſie ſind oben und unten durchbrochen, teils um das Thermometer oben und unten beobachten zu können, teils um ein beſſeres Ausſehen zu gewähren. Mit Hilfe der unteren Rolle *K* vermag nun der Heizer das regelmäſsig im Zimmer befindliche Thermometer bequem und raſch nach unten zu bewegen,


Fig. 378.


Thermometer.
$^1/_5$ w. Gr.

um die oben herrſchende Temperatur abzuleſen. Teils um das Thermometer vor gefährlichen Erſchütterungen zu ſchützen, teils um Geräuſch zu vermeiden, teils um zu verhüten, daſs die Gerüche des Raumes, in welchem der Wärter beobachtet, nach oben gelangen, ſind Gummipuffer *C* ſowohl an der Thermometerfaſſung, als auch am Gegengewicht angebracht. Die ſchmiedeeiſernen Rohre *F* ſind nur 25 mm weit und können daher ohne Schwierigkeit untergebracht werden; in der Regel gelingt es auch, das Ganze ſo aufzuſtellen, daſs ſowohl ſein oberes Ende an geeigneter Stelle des betreffenden Zimmers, als auch das untere Ende ſich an einem vom Wärter bequem zu erreichenden Orte befinden.

Man wirft dieſer Anordnung vor, daſs die beobachtete Temperatur eine andere ſei als die wirklich vorhandene. Wenn dies auch zugegeben werden muſs, ſo iſt doch dagegen zu bemerken, daſs der Unterſchied ſehr gering iſt, ſonach unbedenklich vernachläſſigt werden kann.

404.
Anwendung von Spiegeln.

Fiſcher & Stiehl haben ein Patent[298]) genommen, welches die Beobachtung des im Zimmer hängenden Thermometers ſeitens eines in einem tieferliegenden Geſchoſs befindlichen Wärters unter Vermittelung zweier im Luftleitungskanal oder einem beſonderen Schacht angebrachten Spiegel zum Gegenſtande hat. Neben dem Thermometer haben die Patentinhaber ein *Auguſt*'ſches Pſychrometer angebracht, ſo daſs gleichzeitig der Feuchtigkeitsgehalt beobachtet und hiernach ſeitens des Wärters geregelt werden kann. Bedenken gegen die Benutzung des *Auguſt*'ſchen Pſychrometers ſeitens ungeübter Perſonen habe ich ſchon in Art. 180 (S. 148) genannt; man würde jedoch ein anderes Hygroſkop anbringen können, ohne an der grundſätzlichen Anordnung zu ändern. Gegen dieſe iſt das Bedenken geltend zu machen, daſs die Spiegel verſtauben werden und alsdann ein undeutliches Bild liefern, daſs ferner die Beobachtung nur dann möglich iſt, ſolange eine gute Beleuchtung des betreffenden Zimmers ſtattfindet.

405.
Aenderung des Luftdruckes u. ſ. w.

Vielverſprechend iſt das Fernthermometer, welches den Temperaturwechſel durch Aenderung des Druckes eingeſchloſſener Luft oder eines anderen Gaſes anzeigt. In dem Raume, deſſen Temperatur man beobachten will, wird ein Gefäſs, vielleicht eine entſprechend verzierte Hohlkugel, angebracht, welche mittels einer engen Rohrleitung mit einem am Beobachtungsorte befindlichen Druckmeſſer in Verbindung ſteht[299]).

406.
Benutzung des galvaniſchen Stromes.

Endlich iſt der galvaniſche Strom als Uebermittler der Temperaturanzeigen zu nennen. Zu dieſem Ende befindet ſich in dem betreffenden Zimmer ein Thermometer, welches einen Strom ſchlieſst, ſobald die Temperatur ein gewiſſes Maſs überſchritten hat, und einen anderen Strom ſchlieſst, ſobald die zuläſſig niedrigſte Temperatur unterſchritten wird. Jede Leitung ſteht mit je einer Drahtſpule in Verbindung, welche auf die beiden Enden eines doppelarmigen Hebels wirken, ſo daſs nach dem Schlieſsen des einen Stromes (zu warm) der Hebel an dem einen, nach dem Schlieſsen des anderen Stromes (zu kalt) er am anderen Ende ſich ſenkt.

298) D. R.-P. Nr. 8118.

299) Siehe: Zeitſchr. d. Ver. deutſch. Ing. 1884, S. 718.

Zu diefem Zwecke find mehrere Thermometerarten im Gebrauch.

Die eine benutzt die Ausdehnung des Weingeiftes; fie wird vom Eifenwerk Kaiferslautern vertrieben. Ein **U**-förmig gebogenes Glasrohr ift in feinem unteren Ende mit Queckfilber gefüllt; die beiden lotrechten Schenkel find an feinen Enden zu länglichen Gefäfsen ausgebildet, von denen das eine oben dicht gefchloffene mit Weingeift vollftändig gefüllt ift, während das andere weniger Weingeift enthält.

Bei entfprechend niedriger Temperatur befinden fich die Endflächen des **U**-förmigen Queckfilberfadens in gleicher Höhe; wachfende Temperatur dehnt den Weingeift aus und veranlafst hierdurch den im ganz gefüllten Gefäfs eingefchloffenen Weingeift auf die mit ihm in Berührung ftehende Fläche zu drücken, wodurch diefe auf ein gewiffes Mafs nach unten gefchoben wird, während das Ende des anderen Schenkels fteigt. In die oberen Abfchlufsftücke der Gefäfse find Platindrähte gefchmolzen, deren Enden bis zu einer beftimmten Tiefe herabragen, fo dafs bei der als niedrigft bezeichneten Temperatur der Queckfilberfpiegel mit demjenigen Drahte in Berührung tritt, welcher im ganz gefüllten Gefäfs fich befindet, während bei der höchften zugelaffenen Temperatur der andere Draht das andere Queckfilber berührt. Ein dritter Platindraht ift in den unteren Teil des Rohres fo eingefchmolzen, dafs er immer vom Queckfilber berührt wird. Die beiden oberen Drähte ftehen nun mit dem unteren in Verbindung; auch ift in jede der beiden fo entftehenden Leitungen eine galvanifche Batterie eingefchaltet. Die Wirkfamkeit des Ganzen ift fonach leicht zu überfehen.

Statt diefes Thermometers werden Metallthermometer verwendet. Sie beftehen aus zwei aufeinander gelöteten Metallftreifen, die fich verfchieden ausdehnen und welche entweder in Spiralgeftalt oder einfacher **U**-förmig gebogen find. Das eine Ende des doppelten Metallftreifens wird befeftigt, fo dafs das andere Ende infolge des Temperaturwechfels fich bewegt. Man legt es zwifchen die Spitzen zweier Schrauben, welche fo eingeftellt werden, dafs ihre Berührung mit dem Metallftreifen bei der niedrigften und höchften Temperatur eintritt.

Man wirft den Metallthermometern vor, dafs fie fich in ihrem Verhalten ändern. Dies mufs zugegeben werden; jedoch ift dagegen geltend zu machen, dafs fie fehr leicht, durch Drehen der Kontaktfchräubchen, geregelt werden können. Man wendet ferner gegen fie ein, dafs der Kontakt nicht immer eintrete. In der Hannoverfchen Hochfchule find gegen 70 folcher Thermometer (von *Pfaff* dafelbft) im Gebrauche; nachdem die Kontaktflächen regelmäfsig wochentlich abgeftäubt werden, verfagen die Thermometer nicht mehr.

Dagegen gelingt der Kontakt beim vorgenannten Weingeiftthermometer nur unficher, wie ich durch vielfache Verfuche mit einem folchen gefunden habe; die Queckfilberfläche weicht zuweilen, eine Höhlung bildend, von der Platinfpitze zurück, fo dafs der Kontakt erft erfolgt, nachdem die Temperaturgrenzen längft überfchritten find. Dies kann vermieden werden, wenn man den Strom für jede Beobachtung einfchaltet.

Oben wurde erwähnt, dafs in jede der beiden Leitungen jedes Thermometers eine galvanifche Batterie einzufchalten fei. Man braucht jedoch nicht doppelt fo viele Batterien als Thermometer; vielmehr können fämtliche galvanifche Uebermittler der Temperaturanzeige eines ziemlich grofsen Haufes fehr wohl durch zwei kleine Batterien gefpeift werden. Die einzelnen Galvanometer find nämlich in der Regel ausgefchaltet; fobald der Wärter erfahren will, ob die Temperatur in einem beftimmten Raume zwifchen den feftgeftellten Grenzen fich befindet, fo fchaltet er das betreffende Galvanometer durch einen der bekannten Stromeinfchalter ein, benutzt alfo für diefes allein die vorhandene Stromftärke.

Seitens einiger Fachleute wird diefes Verfahren nicht beliebt, vielmehr durch entfprechend ftarke Batterien die Möglichkeit gegeben, dafs nicht allein jedes Galvanometer fortwährend mit der Batterie in Verbindung fteht, fondern auch eine Lärmglocke fich hören läfst, fobald irgendwo die vorgefchriebenen Temperaturgrenzen überfchritten werden. Abgefehen davon, dafs hierdurch die Anlage- und Unterhaltungskoften wefentlich vermehrt werden, ift noch gegen diefes Verfahren einzuwenden, dafs der Wärter notwendig verwirrt werden mufs, fobald gleichzeitig an verfchiedenen Stellen des Haufes Lärmglocken ertönen. Man verwendet auch farbige elektrifche Glühlampen, welche leuchten, fobald die eine oder andere Temperaturgrenze erreicht oder überfchritten ift.

Gewöhnliche Thermometer, denen Platindrähte in verfchiedener Höhe eingefchmolzen find, erftatten den Bericht über ebenfoviele Temperaturen[300]).

[300]) Siehe: Zeitfchr. d Ver. deutfch. Ing. 1883, S 700.

Das Beobachten der Temperaturen unter Vermittelung der foeben kurz befchriebenen elektrifchen Leitungen ift nicht von dem Uebelftande freizumachen, dafs der Wärter über die tatfächlich herrfchenden Temperaturen im unklaren ift. Er weifs, dafs die Temperaturen zwifchen den vorgefchriebenen Grenzen liegen oder fie nach der einen oder anderen Seite überfchritten haben; es ift ihm jedoch unbekannt, um wie viel der betreffende Raum zu warm oder zu kalt ift, oder ob er die mittlere Temperatur befitzt, oder im Begriffe fteht, zu warm oder zu kalt zu werden. Dies erfchwert die nach den erhaltenen Berichten vorzunehmende Regelung ungemein. Solange es möglich ift, das zuerft genannte wandernde Thermometer (Fig. 378) oder das Luftthermometer anzuwenden, fo lange follte man von der elektrifchen Berichterftattung abfehen.

Ueber andere Mittel zum Beobachten der Zuftände fiehe die untengenannten Quellen[301]).

c) Ausführen der Regelung.

407.
Regelung im zu heizenden Raume.

Das Regeln kann vom zu heizenden oder zu kühlenden Raume aus, vom Vorraume aus oder aus gröfserer Entfernung ftattfinden. Im folgenden mögen die hierbei in Frage kommenden Umftände und die Vorteile und Nachteile der verfchiedenen Verfahren kurz erörtert werden.

1) Regeln im zu heizenden Raume felbft. Hierzu erwähne ich zunächft, dafs es in den Augen vieler Menfchen als ein grofser Vorteil des gewöhnlichen Stubenofens angefehen wird, dafs man ihn nach Laune oder nach perfönlichem Befinden, vielleicht auch nach Gewohnheit, beliebig anzuftrengen vermag, entweder, indem man dem Dienfttuenden für den Zweck Anweifungen gibt oder fich der Bedienung des Ofens felbft unterzieht. Die fchweren Nachteile des Stubenofens, die Unregelmäfsigkeit der Temperatur, der ungenügende Luftwechfel, der Schmutz, welcher vom Brennftoff, von der Afche und vom Rufs herrührt, die Störungen in der Arbeit, der Aerger über nicht nach Befehl ausgeführte Bedienung, ja der gelegentliche Schnupfen verfchwinden gegen das Hochgefühl, auch über den Zuftand der Temperatur des Zimmers frei verfügen zu können.

Man wird in vielen Fällen diefen Anfichten Rechnung tragen müffen, indem man die Regelung der Wärmeabgabe der befferen Heizungsanlage ebenfo in die Hand jeder Perfon legt, welche im betreffenden Raume Herr ift, d. h. man wird fie häufig im Raume felbft ftattfinden laffen müffen. Man legt die betreffenden Heizflächen zu diefem Ende in den zu heizenden Raum felbft — örtliche Heizung —, in Fenfternifchen, Wandnifchen, an die Paneele oder in befondere Heizfchränke. Alsdann ift die Regelung auf jedem der vorhin genannten Wege möglich. Der Heizer hat nur dafür zu forgen, dafs die Spannung des Dampfes oder die Temperatur des Waffers innerhalb beftimmter Grenzen bleiben.

Da die felbfttätigen Zugregler (fiehe S. 342 bis 345) die letztgenannte Tätigkeit übernehmen, fo findet bei örtlichen Heizungen, welche mit felbfttätigen Zugreglern ausgerüftet find, tatfächlich die gefamte willkürliche Regelung vom zu heizenden Raume aus ftatt. Diefer Umftand dürfte vorwiegend die ungewöhnlich rafche Einführung der Niederdruck-Dampfheizungen herbeigeführt haben.

[301]) Siehe: Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1884, S. 718 — ferner:
BÖTTGER, P. Der Fernmefsinductor. Centralbl. d. Bauverw. 1891, S. 21.
Ein elektrifcher Temperatur- und Feuermelder. Centralbl. d. Bauverw. 1893, S. 196.
Selbftthätiger Temperatur- und Feuermelder. Centralbl. d. Bauverw. 1893, S. 296.

Man vermag aber auch die Heizflächen in Kammern zu legen, welche fich in einem anderen Gefchofs befinden. Das Regeln der Wärmeabgabe findet dann meiftens ftatt, indem man die Bewegung der Luft längs der Heizflächen befchränkt, namentlich durch Mifchklappen. Das Regeln durch Befchränken des Wafferumlaufes oder des Dampfeintrittes ift in diefem Falle nahezu unmöglich; aber auch die anderen Regelungsverfahren bieten nicht felten Schwierigkeiten, da die Luftklappen, welche in Zimmerhöhe angebracht find, eine die Temperatur des Raumes regelnde Wirkung, aus leicht zu überfehenden Gründen, nicht fofort hervorbringen, die tieferliegenden Mifchklappen und ähnliche Einrichtungen aber zufammengefetzte Kettenzüge u. f. w. verlangen, welche leicht in Unordnung kommen. Meiftens ift daher das Aufftellen der Heizflächen im Inneren der Räume zu empfehlen, fobald man das Regeln der Wärmeabgabe hier vornehmen will.

408.
Regelung
vom
Vorraume.

2) Regeln von einem Vorraume aus. Diefes mufs dem erftgenannten Verfahren vorgezogen werden, foweit die Bewohner der Räume fich der Arbeit des Regelns nicht unterziehen wollen oder können. Unterrichtsräume, Sitzungsfäle, Gefellfchaftszimmer, Gefängniffe u. f. w. gehören zu denjenigen Räumen, welche fich zum Regeln der Wärme von aufsen eignen. Die Heizflächen müffen alsdann ihren Ort an derjenigen Wand erhalten, welche den zu heizenden Raum gegen den Vorraum abgrenzt. Im übrigen zerlegt fich das Regeln in diefelben beiden Teile, welche früher genannt wurden: man mufs, wenn felbfttätige Zug- oder Verbrennungsregler verfchmäht werden, befondere Mannfchaften für die Entwickelung der Wärme, oder deren Ueberführung an Waffer, fowie für die Bedienung der etwaigen Kraftquellen der Lüftung haben und — räumlich hiervon getrennt — befondere Wärter für das Regeln der Wärmeabgabe anftellen.

409.
Regelung
im Keller-
gefchofs.

Um bei gröfseren Anlagen die Wartung der Heizung und Lüftung gleichfam in eine Hand zu legen, wählt man das

3) Regeln vom Kellergefchofs aus. Hier befinden fich die Feuerftellen; von hier kann eine und diefelbe Perfon fowohl die Bedienung des Feuers, das Erwärmen des Waffers oder das Entwickeln des Dampfes und auch das Regeln der Wärmeabgabe, wie dasjenige der Lüftung handhaben oder doch überwachen. Alsdann ift das Aufftellen der Heizflächen in demfelben Gefchofs felbftverftändlich, fo dafs hier unten die Luft erwärmt wird, welche die Wärme in die oberen Gefchoffe trägt.

Insbefondere ift das Regeln vom Kellergefchofs aus das empfehlenswertefte für Luftheizungen im allgemeinen und Feuerluftheizungen im befonderen.

410.
Regelung
bei gröfseren
Anlagen.

Man findet nun bei manchen befonders umfangreichen Anlagen die Einrichtung, dafs die Temperaturen, der Luftwechfel, wohl auch der Feuchtigkeitszuftand, nach einem Zimmer gemeldet werden, in welchem der leitende Beamte fich aufhält und von wo aus er die erforderlichen Befehle an die entfprechend aufgeftellten Diener fendet. Ich halte eine derartige Gliederung des Dienftes, weil zu umftändlich, für verfehlt und bin durch den Umftand, dafs ich nirgends die betreffende Einrichtung in tatfächlicher Benutzung gefehen habe, in meiner Anficht beftärkt. Die Wärter follen unterrichtet genug fein, um auf Grund der eingehenden Zeichen, welche die Zuftände des betreffenden Raumes kundgeben, die geeignete Regelung auszuführen. Alsdann ift es allein zweckmäfsig, das Erkennen der in Frage kommenden Zuftände an dem Orte zu ermöglichen, an welchem das Regeln ftattzufinden hat, fo dafs der Wärter ohne weiteren Aufenthalt nach den eingegangenen Nachrichten

handeln kann. Will man behufs Ueberwachung die famtlichen Zuftände auch im Zimmer des Leiters erkennbar machen, fo ift dem nur der Hinweis auf die Koften entgegenzuhalten.

Man hat vorgefchlagen, die Gefamtregelung der Temperatur, des Luftwechfels, auch der Feuchtigkeit[302]), felbfttatig zu machen. Bisher ift über Erfolge folcher Verfahren noch wenig zu fagen.

---

15. Kapitel.

Heizungs- und Lüftungsanlagen.

411. Grundfätze.

Jede Heizungs-, fowie jede Lüftungsanlage ift nach dem Grundfatze anzuordnen, dafs der Zweck unter Aufwand der geringften Mittel erreicht werden foll. Das Erreichen diefes Zieles ift jedoch nicht leicht, da verfchiedenartige Mittel gleichzeitig zur Verwendung kommen und oft, wenn an dem einen gefpart wird, das andere in verfchwenderifcher Weife herangezogen werden mufs.

Die in Frage kommenden Mittel find:

1) die Anlagekoften,
2) die Zinfen und Abfchreibungen,
3) die Koften der Unterhaltung und der notwendigen Ausbefferung,
4) der Brennftoff,
5) nach Umftänden die Koften für Eis, Waffer u. f. w.,
6) die Bedienung durch Heizer oder Warter,
7) die Leitung und Beauffichtigung der Bedienung feitens eines befonderen Beamten oder feitens des Hausbefitzers.

Diefe einzelnen Mittel find zwar durchgehends in Geld auszudrücken; es dürfte jedoch fchwer fein, ihren Einflufs in eine Gleichung zufammenzufaffen, aus der man auf dem gewöhnlichen Wege die Bedingungen gewinnen kann, unter denen die Summe der Koften am kleinften ausfällt.

Den Koften würde das zu Erreichende, welches die Erhaltung und die Förderung der Gefundheit, Arbeitsfähigkeit und die Annehmlichkeit der Menfchen umfafst, gegenüberzufetzen fein, fo dafs man, vermöchte man auch diefes nicht allein in Geld auszudrücken, fondern auch in eine folche Form zufammenzuftellen, die eine rechnerifche Behandlung zuläfst, die denkbar zweckmäfsigfte Anlage durch Rechnung feftzuftellen wäre.

Es ift wenig Ausficht vorhanden, jemals zu diefem Ziele zu gelangen; immerhin ift es von hohem Werte, wenn beim Entwurf derartiger Anlagen die einzelnen genannten Punkte jederzeit im Auge behalten werden. In den folgenden Einzelbefprechungen wird auf fie hingewiefen werden.

a) Lüftungsanlagen.

412. Trennung der Lüftung von der Heizung.

Es ift die Frage angeregt worden, ob es nicht zweckmäfsig fei, die Lüftung von der Heizung zu trennen[303]); namentlich ift hierfür die gröfsere Sicherheit des Betriebes geltend gemacht. In erfter Linie möchte ich die Koftenfrage beleuchten.

[302]) Siehe: Polyt. Journ., Bd. 235, S. 113.

[303]) Siehe: RIETSCHEL, H. Ueber Schulheizung. Berlin 1880.

Wenn die Temperatur der eintretenden Luft nicht höher als 40 Grad werden foll, fo gebraucht man bei — 20 Grad Temperatur des Freien und + 20 Grad im Inneren des Raumes je 40 Wärmeeinheiten zur Erwärmung der Luft bis zur Zimmertemperatur, fo oft 20 Wärmeeinheiten zum Erfatz für die durch die Einfchliefsungsflächen des Zimmers verlorengehende Wärme benutzt werden. In fehr vielen Fällen erfordert nun die Reinhaltung der Luft keine fo grofse Luftmenge, als nötig ift, um auf dem vorliegenden Wege die durch die Einfchliefsungsflächen verlorengehende Wärme heranzufchaffen. Man fpart daher an Brennftoff, wenn letztere durch Umlaufheizung geliefert wird, während nur fo viel frifche Luft bis zur Zimmertemperatur erwärmt wird, wie zur Lüftung in Ausficht genommen ift. In diefen Fällen ift daher mit der Trennung der Lüftung von der Heizung eine Erfparnis an Brennftoff verbunden. Die Zahl der Tage, an welchen die freie Luft fehr kalt oder doch fo kalt ift, dafs eine folche Brennftofferfparnis eintritt, bildet nur einen kleinen Teil der Tage, an welchen überhaupt geheizt wird. Um ein ficheres Urteil über die Höhe der Erfparnis zu haben, mufs man daher, auf Grund der Temperaturfchätzung der in Frage kommenden Tage für den befonderen Ort, die Gefamterfparnis feftftellen und diefe den etwaigen Mehrkoften der Anlage und den hieraus erwachfenden Zinfen, Abfchreibungsfummen und Ausbefferungskoften gegenüberhalten und endlich die oben unter 6 und 7 genannten Koften berückfichtigen. Die Heizflächengröfse ift diefelbe bei Trennung der Lüftung von der Heizung wie bei der Nichttrennung, fofern gleiche Luftmengen nötig find. Die Einrichtungen für das Regeln werden jedoch vermehrt und fonach die hierher gehörenden Koften gröfser, wenn die Lüftung von der Heizung getrennt wird. Was nun endlich die Bedienung betrifft, fo ift nicht zu leugnen, dafs der Wärter fich leichter ein Urteil über das richtige Einftellen der Klappen, Schieber, Hahne u. f. w. bilden kann, wenn das eine nur dem einen, das andere nur dem anderen Zwecke dient. Jedoch ift die Wärmemenge, welche die frifche Luft erfordert, ebenfo wechfelnd wie die Wärmemenge, welche zur Erhaltung der Temperatur im zu heizenden Raume erforderlich ift. Man wird daher aus der Trennung der Lüftung von der Heizung fehr felten eine Erfparnis an Bedienungskoften zu gewinnen vermögen.

In dem eingangs genannten Falle, dafs die zur Reinhaltung der Luft erforderliche Menge an frifcher Luft erheblich kleiner ift als diejenige, welche an kälteften Tagen für die reine Lüftungsheizung nötig ift, wird — foviel mir bekannt feit 1894 — oft der folgende Weg eingefchlagen. Man verforgt die Räume mit reiner Lüftungsheizung folange das Wetter mild ift, folange die für den Luftwechfel erforderliche Luftmenge für das Heizen genügt. Neben diefer Lüftungsheizung befindet fich eine befondere örtliche Heizung, die mit in Betrieb genommen wird, fobald infolge grofser Kälte die Lüftungsheizung allein nicht mehr genügt.

Alles zufammengenommen, dürfte die Entfcheidung über die vorliegende Frage lauten: fie ift in jedem einzelnen Falle befonders zu erörtern[304]).

413 Saug- und Drucklüftung.

In Kap. 9 u. 10 wurden die verfchiedenen Mittel zum Heranbefördern und Fortfchaffen der Luft befprochen; fie beftehen in deren Eindrücken — Drucklüftung — und Abfaugen — Sauglüftung. Die richtigfte Anordnung der Lüftungsanlagen befteht zweifellos darin, dafs man durch das eine Mittel diejenigen Widerftände überwindet, welche in den Einführungsleitungen, und mit dem anderen diejenigen, welche in den Abführungskanälen auftreten, fo dafs die Luftfpannung

[304]) Vergl. Weiss. Die Trennung der Ventilation von der Heizung. Gefundh.-Ing. 1881, S. 1.

in den Zimmern gleich derjenigen des Freien ift. Sie wird denn auch häufig verwendet. Kleinere Anlagen verurfachen wegen geringer Kanallänge geringe Widerftände, fo dafs der Druckunterfchied zwifchen dem Freien und dem zu lüftenden Raume ein geringer wird, felbft wenn man beide in Frage kommende Widerftandsfummen entweder durch Drucklüftung oder durch Sauglüftung allein überwindet. Dies wird umfo lieber benutzt, als die doppelte Anlage die Koften des Baues und Betriebes erheblich vermehrt. Ja felbft bei umfangreicheren Anlagen entfcheidet man fich nicht felten aus Sparfamkeitsgründen für reine Drucklüftung (Pulfionsventilation) oder reine Sauglüftung (Afpirationsventilation). Dies ift unter Umftänden recht wohl zu rechtfertigen. Beifpielsweife finde die Luftzufuhr auf kurzem, wenig Widerftände bietendem Wege ftatt, während die Sammlungs- oder Ableitungskanäle, alfo die Abfuhr der Luft nach einem gemeinfchaftlichen Orte grofse Widerftände hervorbringt. Alsdann wird man unbedenklich die Luft an diefem Orte abfaugen, d. h. einen folchen Unterdruck erzeugen können, dafs der Druck der freien Luft deren Einfuhr veranlafst. Die reine Drucklüftung ift dagegen am Orte, wenn die Ableitungskanäle kurz find oder aus anderen Gründen wenig Widerftand bieten. Da letzteres leichter zu erreichen ift als erfteres, indem die Einrichtungen für die Reinigung der Luft erhebliche Widerftände hervorbringen, fo ift im allgemeinen die Drucklüftung häufiger zu verwenden als die Sauglüftung. Jene erfordert aber, wenigftens während der wärmeren Jahreszeit, eine Betriebsmafchine und wird aus diefem Grunde häufig durch die Sauglüftung erfetzt, wenn auch die angegebenen Vorbedingungen für diefe nicht vorhanden find. Alsdann müffen felbftredend Unannehmlichkeiten zu Tage treten.

Im Winter ergibt fich das gleichzeitige Saugen und Drücken durch den Auftrieb der Luft von felbft, keineswegs aber im richtigen Verhältnis zueinander, weshalb forgfältige Regelung erforderlich ift, um zu verhindern, dafs die Luft in mehr oder weniger unangenehmer Weife durch die Poren der Wände, Undichtheiten der Fenfter und Türen u. f. w. ftrömt. Diefe Regelung ift felten fo vollftändig durchzuführen, dafs jeder Druckunterfchied in benachbarten Räumen aufhört. Ein folcher Druckunterfchied veranlafst aber das Ueberftrömen der Luft des einen Raumes in den benachbarten.

Man foll daher bei Drucklüftung diejenigen Räume, in welchen befonders viele oder befonders gefährliche Luftverunreinigungen entwickelt werden (Aborte, Bedientenzimmer, Rauchzimmer, gewiffe Krankenzimmer u. f. w.), mit verhältnismäfsig weniger Luft verforgen, damit in ihnen ein geringerer Druck herrfcht als in den benachbarten Räumen; man foll dagegen aus demfelben Grunde bei Sauglüftung diefe auf die genannten Räume befonders kräftig wirken laffen. Dies wird leider fehr häufig überfehen.

Handelt es fich um den Schutz folcher Räume, in welchen nur gutartige Luft vorkommt, gegen das Eindringen beläftigender Luft aus benachbarten Räumen, fo liegt die ficherfte Löfung der Aufgabe in der Anwendung der Drucklüftung für erftere, der Sauglüftung für letztere.

In diefem Sinne ift es allgemein gebräuchlich geworden, die Aborte durch befondere Saugfchornfteine zu lüften, die — da es fich um kleine Luftmengen handelt — mittels Leuchtgas oder auch Erdöl geheizt werden. Man geht in der Verfolgung des vorliegenden Gedankens fo weit, dafs man das Abfaugen nur unter dem Sitzbrett oder am Rande des Beckens ftattfinden läfst, um die riechenden Gafe an ihrer Quelle zu faffen[305]).

[305]) Siehe: Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1884, S. 808.

Soll dagegen das Ueberſtrömen der Gaſe von einem Raume zum anderen überhaupt verhindert werden, ſo bleibt nur übrig, luftdichte Einſchlieſsungsflächen anzuwenden oder die gegeneinander zu ſchützenden Raume in beſondere voneinander getrennte Gebäude zu legen. Neuere Krankenhäuſer bieten hierfür bemerkenswerte Beiſpiele.

Früher machte man der Luftheizung den Vorwurf, Lufttrockenheit in den geheizten Räumen hervorzubringen. Später gelangte die richtige Anſchauung zum Durchbruch, daſs der Luftwechſel die verhältnismaſsige Lufttrockenheit herbeiführe (vergl. Art. 191, S. 159). Die Freunde verhältnismäſsig feuchter Luft haben ſeitdem die künſtliche Lüftung bekämpft, überſahen aber, daſs die zufällige Lüftung (ſiehe Art. 208, S. 171) notwendigerweiſe genau dieſelbe Austrocknung veranlaſst wie die künſtliche. Bedingt jene eine künſtliche Luftanfeuchtung, ſo iſt auch bei der zufälligen Lüftung eine beſondere Luftbefeuchtung unentbehrlich.

Dieſer Umſtand veranlaſst mich noch zu folgenden Bemerkungen über die Frage, ob überhaupt die künſtliche Luftbefeuchtung ſich empfiehlt.

Man iſt in der angenehmen Lage, in hohen, weiten Räumen wohnen zu können. Der Beruf zwingt dazu, während der Geſchäftszeit in der niedrigen, von zahlreichen Beamten beſetzten, durch mehrere Gasflammen erleuchteten Geſchäftsſtube zuzubringen oder die engen Räume ärmerer Leute zu beſuchen, in welchen — hier wie dort infolge geringen Luftwechſels — die Luftfeuchtigkeit durch den maſſenhaft auftretenden Fenſterſchweiſs bewieſen wird. Die Hausfrau läſst vor der Heimkehr des Herrn deſſen Zimmer gut heizen, auch die Fenſter einige Zeit öffnen: man tritt in das eigene Zimmer und ſchlürft mit vollem Behagen die trockene, höchſt ungeſunde (?) Luft! Aber, da der zufällige Luftwechſel gegenüber den gasförmigen Erzeugniſſen des Stoffwechſels der einen Perſon, angeſichts der Gröſse des Raumes, bedeutend iſt, ſo bleibt auch die Luft verhältnismäſsig trocken; trotzdem äuſsert niemand den Wunſch, ſein Zimmer mit einem dumpfen, verhältnismäſsig feuchte Luft enthaltenden zu vertauſchen.

b) Heizungsanlagen.

Die Heizungsanlagen unterſcheiden ſich zunächſt in Bezug auf den Ort der Heizflächen; je nachdem dieſe ſich in dem zu heizenden Raume oder auſserhalb dieſes Raumes befinden, ſpricht man von örtlicher Heizung und von Luftheizung.

414. Oertliche Heizung.

Bei den örtlichen Heizungen iſt die Frage zu erörtern, an welcher Stelle des zu heizenden Raumes die Heizflächen, bezw. die Oefen Platz finden ſollen. Befindet ſich ein Ofen in der Mitte des Raumes, ſo ſteigt die von ihm erwärmte Luft auf kürzeſtem Wege nach oben, breitet ſich unter der Decke aus und flieſst an den Wänden nieder, und zwar an den kälteſten Teilen der Einſchlieſsungsflächen am entſchiedenſten. In der Nähe hoher, einfacher Fenſter iſt das hierdurch entſtehende Gefühl des »Zuges« zuweilen unerträglich, an kalten Wänden mindeſtens recht unangenehm. Legt man ſtatt deſſen die Heizflächen, z. B. Waſſerrohre, längs der kalten Wände, ſo tritt die aufſteigende warme der niederflieſsenden kalten Luft entgegen und mildert mindeſtens deren Einfluſs. Zweckmäſsiger iſt es z. B., die an den Fenſterflächen niederſinkende kalte Luft durch die Fenſterbänke hindurchflieſsen und von unten an die in den Fenſterniſchen untergebrachten Heizflächen ſtrömen zu laſſen (vergl. Fig. 83, S. 171). Es iſt auch vorgeſchlagen worden, um das Unangenehme der an den Wänden auftretenden Luftſtrömungen zu verhüten, am Fuſse dieſer Wände ſchlitzartige Abluftöffnungen anzubringen, welche die kalte Luft aufnehmen. Die Koſten dieſer letzteren an ſich zweifellos recht guten Anordnung dürften jedoch zu groſs ausfallen.

Meiftens entfcheidet man fich hinfichtlich der Heizflachenlage, wegen bequemeren Unterbringens der Dampf-, Waffer- und Rauchrohre, für die Mittel- oder Scheidewände zum Aufftellen der Oefen. Die Rauchrohre können bündelweife angeordnet werden, enthalten die Entrufsungsöffnungen im Keller an einer und derfelben Stelle, verurfachen weniger Auswechfelungen des Gebälkes und Durchbrechungen des Daches, als wenn fie einzeln liegen, und münden ohne weiteres an höchfter Stelle des Daches oder in deren Nahe. Die Dampf- und Wafferrohre können für mehrere Oefen gemeinfchaftlich fein, mindeftens aber nebeneinander laufen.

Gut ummantelte örtliche Heizungen vermögen auch gröfsere Räume von einem Ofen aus gleichmäfsig zu erwärmen; fobald jedoch der Luftquerfchnitt innerhalb des Mantels zu klein ift (vergl. Art. 379, S. 354), fo wird die Luft auf eine fehr hohe Temperatur erwärmt, und demzufolge ift die Lufttemperatur in gröfserer Höhe des Zimmers wefentlich höher als in geringerer Höhe. Nicht ummantelte Heizflächen bringen auch in einer und derfelben wagrechten Ebene fehr verfchiedene Temperaturen hervor; fie follten deshalb, wenn fie nicht fehr gleichmäfsig verteilt find, nur in folchen Räumen benutzt werden, in denen blofs wenige Menfchen fich aufhalten, die ihren Platz beliebig wählen können. Sie haben aber gegenüber den ummantelten den Vorzug, dafs fie leichter zu reinigen find und etwaiges Befchmutzen der Heizflächen fofort erkannt wird.

415.
Luftheizung.

Bei Luftheizungen benutzt man zuweilen eine und diefelbe Heizkammer für mehrere Räume; zuweilen gibt man jedem Raume eine befondere Heizkammer, und recht grofse Räume werden auch wohl mit mehreren Heizkammern verfehen. Das erftere Verfahren ift, vorfichtig ausgeführt, unbedenklich, kann aber oft zu recht ärgerlichen Uebelftänden führen. Ich erinnere an das in Art. 289 (S. 247) über den Einflufs des Windes auf den Druck der Luft in den Zimmern Gefagte. Werden zwei Zimmer von einer gemeinfchaftlichen Heizkammer verforgt, von denen das eine hinter, das andere vor dem Winde liegt, fo wird das vor dem Winde liegende Zimmer, bei entfprechend poröfen Wänden und undichten Fenftern, weit fchwerer erwärmt werden als das hinter dem Winde befindliche. Nur durch gute Klappenanordnung und möglichft unmittelbar von der Heizkammer auffteigende Kanäle ift man im ftande, dem Einflufs des verfchiedenen Druckes wirkfam zu begegnen. Auch verfchieden hoch liegende Zimmer, bezw. Luftausftrömungsöffnungen können die regelmäfsige Heizung ftören, wie bereits in Art. 256 (S. 217) erörtert wurde. Hier kann man jedoch helfen, indem man die Mündungen der Zuluftkanäle in den Heizkammern verfchieden hoch legt, alfo für das Erdgefchofs an höchfter Stelle der Heizkammer anbringt, während für jedes höhere Gefchofs eine tiefere Lage, nach anzuftellenden Verfuchen, gewählt wird. Die höhergelegenen Räume werden alsdann mit geringer erwärmter, die Erdgefchofsräume mit wärmerer Luft geheizt. Die erwähnten Uebelftände treten umfo fuhlbarer auf, je gröfser der wagrechte Weg ift, welchen man der Luft zumutet. Man zieht daher vor, nur folche Räume von einer gemeinfchaftlichen Kammer zu heizen, welche durch lediglich lotrechte Kanäle erreicht werden können.

Am zweckmäfsigften ift es jedenfalls, jedem Raume eine befondere Heizkammer zu geben. Man vermeidet hierdurch nicht allein die genannten Uebelftände, fondern fchützt fich auch gegen Schallleitungen, deren Vermittler die Kanäle und Heizkammern werden können.

416. Heizungsarten.

Die Heizungsanlagen werden ferner eingeteilt in Einzelheizungen (Stubenofenheizungen, auch Lokalheizungen genannt) und in Sammelheizungen (Zentralheizungen). Erftere bedürfen für jedes Zimmer einer oder mehrerer Feuerftellen; letztere beforgen von einer Feuerftelle aus die Heizung einer Zahl von Raumen. Durch diefe fernere Einteilung entftehen folgende Heizungsarten:

1) Oertliche Heizung.

α) Einzelheizung: durch Stubenofen, Gasöfen u. f. w.;

β) Sammelheizung: durch Waffer-, Dampf-, Dampfwafferöfen;

2) Luftheizung, mit wenigen Ausnahmen Sammelheizung.

γ) Feuerluftheizung: durch unmittelbar vom Feuer erwärmte Oefen;

δ) Wafferluftheizung;

ε) Dampfluftheizung.

Die Heizungsarten zerlegen fich ferner in:

1) Umlaufheizungen (Zirkulationsheizungen) und

2) Lüftungsheizungen (Ventilationsheizungen), je nachdem, wie wiederholt erwähnt, frifche Luft oder Luft des zu heizenden Raumes den Heizflächen zur Erwärmung dargeboten wird.

417. Einzel- (Lokal-) heizung.

Die Einzelheizung mit ihrer grofsen Zahl von Feuerftellen erfordert viel Arbeit zu ihrer Bedienung, verurfacht durch Heranfchaffen des Brennftoffes, Fortfchaffen der Afche und das Entrufsen viel Schmutz, geftattet nur eine geringe Ausnutzung des Brennftoffes und erhöht die Feuergefährlichkeit. Sie ift jedoch ohne viele Ueberlegung anzubringen und zu bedienen, in der Anlage verhältnismäfsig billig und verurfacht geringe Umänderungskoften, wenn man fich in der Wahl der Ofengröfse geirrt hat.

418. Sammelheizung.

Die Sammelheizungen werden von einer oder doch von nur wenigen Feuerftellen aus mit Wärme verforgt; fie ermöglichen das Anbringen zweier Rofte, fo dafs die Roftfläche dem Wärmebedarf beffer angepafst werden kann; fie geftatten eine beffere Ausnutzung des Brennftoffes, beanfpruchen weniger Bedienung als die Einzelheizungen, und geben keine Veranlaffung zur Befchmutzung der zu heizenden Räume. Die Feuersgefahr ift mindeftens in demfelben Verhaltnis gemindert, wie die Zahl der Feuerftellen geringer ift. Sofern die Sammelheizungen als örtliche Heizungen ausgefuhrt werden, haben fie mit der Einzelheizung die Befchränkung der Zimmergröfse und, wenn die betreffenden Heizflächen nicht ummantelt find, auch die unangenehme Strahlung gemein.

419. Feuer-, Waffer- und Dampf-Luftheizung.

Die Luftheizungen vermeiden beide Nachteile, indem die Heizkammern in weniger wertvollen Räumen untergebracht werden. Die Feuerluftheizung kann als Sammelheizung nur infofern dienen, als von einer und derfelben Heizkammer mehrere Räume erwärmt werden; fie ift in ihrer Verwendung als Sammelheizung fonach befchränkt. Die Wafferluftheizungen geftatten die Anordnung einer beliebigen Zahl von Heizkammern für eine Feuerftelle; da jedoch, bei geringer Auftriebshöhe, die Rohrlänge der Wafferheizung befchränkt ift, fo eignet fie fich nicht zur Heizung umfangreicher Gebäude von einer Feuerftelle aus. Die Dampfheizung ift weder in der Zahl der zu ihr gehörenden Heizkammern noch in dem Umfange ihrer Ausdehnung befchränkt; fie ift deshalb im ftande, die umfangreichften Gebäude, Gebäudegruppen, ja ganze Stadtteile von einer Feuerftelle aus mit Wärme zu fpeifen.

Die Entwickelung des Dampfes für einen Stadtteil oder doch eine Gebäudegruppe[306]) in einem Dampfkeffelhaufe und feine Verteilung ift durch zahlreiche Anlagen diesfeits und jenfeits des Ozeans dermafsen geklärt, dafs man in ficherer Weife vorzugehen vermag. Sie gewährt gegenüber dem Unterbringen der Feuerftellen in den einzelnen Häufern den Vorteil, dafs nicht allein Arbeit — für die Bedienung der zahlreichen kleinen Feuer — gefpart wird, fondern auch zahlreiche Quellen für Schmutz — innerhalb der Häufer wie auf den Strafsen — verftopft werden. Der Dampf ift zur Zeit der geeignetfte Wärmeübertrager der fog. Fernheizungen. Vielleicht ift das gleiche Ziel noch vollkommener durch die Gasheizung zu erreichen, über welche indeffen bisher nur fehr wenig Erfahrungen vorliegen[307]).

420.
Anlagekoften.

Die Anlagekoften der Sammelheizungen find, wenn beim Entwurf der Gebäude auf fie gebührend Rückficht genommen und überall auf gleich gute Lüftung gerechnet wird, im allgemeinen keineswegs höher als die Anlagekoften der Einzelheizungen. Die Feuerluftheizungen dürften fogar, wenn alle Umftände gebührend berückfichtigt werden, in vielen Fällen nicht unbedeutend billiger, die Anlagekoften der Heifswafferheizungen denen der Einzelheizungen etwa gleich fein, die Warmwafferheizungen etwas teuerer werden. Die Niederdruck-Dampfheizungen erfordern im allgemeinen etwas geringere Anlagekoften als die Warmwafferheizungen, während die Hochdruck-Dampfheizungen, wenn fie einer befonderen Dampfkeffelanlage bedürfen, der für fie geforderten Sicherheitsvorrichtungen halber und wegen der Vorrichtungen zum felbfttätigen Ableiten des Waffers oft wefentlich teuerer werden als die Einzelheizungen. Allerdings gilt dies nur unter der Vorausfetzung, dafs die Anlagen mit allem Verftändnis ausgeführt werden.

Mir gegenüber lobte ein Hausinfpektor eine gröfsere Heizanlage aus dem Grunde, weil 9 Keffel vorhanden waren, aber bisher höchftens 4 Keffel nötig gewefen wären. Aehnliche Fälle habe ich häufig beobachten können und mir hieraus das Urteil gebildet, dafs ein grofser Teil unferer Heiztechniker nicht rechnet, wozu wohl vielfach die Fauftregeln beitragen mögen, welche in den verfchiedenen Handbüchern zu finden find.

421.
Abdampfheizung.

Noch ift der feit einigen Jahren in Aufnahme gekommenen Abdampfheizung zu gedenken[308]). Die Verwendung des von einer Dampfmafchine ausgeftofsenen Dampfes für Heizungszwecke, z. B. in Werkftätten oder Trockenanlagen, ift alt. Die zugehörigen Einrichtungen find fo einfach, dafs fie einer befonderen Erläuterung nicht bedürfen. Nach Einführen der Niederdruckheizung hat man den Abdampf der Dampfmafchinen, welche die Bläfer oder Sauger der Lüftungen, die Pumpen und Aufzüge, die Stromerzeuger für die elektrifche Beleuchtung betreiben, gleichfalls zum Speifen gefchloffener Heizungen der Gafthöfe, Theater, Schulen, Krankenhäufer u. f. w. in Benutzung genommen, oft mit dem Erfolge, dafs weitere Dampfentwickler entbehrlich find. Diefe Heizungen gleichen den Niederdruckheizungen. Nur ift für das Abfcheiden des vom Abdampf mitgeriffenen Oeles zu forgen und — durch ein felbfttätiges Ventil — dem Dampf freier Austritt zu gewähren, foweit er nicht verbraucht wird. Genügt der Dampf für den Bedarf der Heizung nicht, fo ergänzt man ihn durch frifchen Dampf, deffen Spannung durch Druckregler (fiehe Art. 335, S. 301) entfprechend vermindert wird. Ueber die Anlagekoften folcher Abdampfheizungen find allgemeine Angaben nicht zu machen; ihre Betriebskoften find, da fie keinen Brennftoff gebrauchen, gering.

306) Siehe: Polyt. Journ., Bd. 234, S. 276. — Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1885, S. 169; 1888, S. 823; 1889, S. 538.

307) Siehe: Deutfche Viert. f. öff. Gefundheitspfl. 1881, S. 95.

SIEMENS, W. Einige wiffenfchaftlich-technifche Fragen der Gegenwart. 2. Folge. Berlin 1883. S. 36.

308) Vergl.: Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1899, S. 516.

422. Sonftige Koften.

Die Höhe der Zinfen und Abfchreibungen fällt und fteigt etwa mit den Anlagekoften. Die Koften der Ausbefferungen und des Erfatzes fchadhaft gewordener Teile dürften bei der Feuerluftheizung am geringften fein, da die der gröfsten Abnutzung unterworfenen Oefen ohne jede Rückficht auf gutes Ausfehen hergeftellt werden, während die Zimmeröfen faft immer mehr oder weniger fchmückende Aufsenflächen erhalten. Sie find bei Warmwaffer- oder Niederdruck-Dampfheizungen fehr gering, gröfser bei Heifswafferheizungen und dürften bei Hochdruck-Dampfheizungen für diefelbe Wärmemenge denjenigen, welche die Einzelheizungen verurfachen, gleich fein.

Der gröfste Brennftoffverbrauch ift zweifellos der Einzelheizung zuzufprechen. Gebraucht eine folche weniger als eine gleichwertige Sammelheizung, fo ift dies entweder darauf zurückzuführen, dafs erftere gut, letztere fchlecht ausgeführt ift und bedient wird, oder es hat als Urfache, dafs man bei Einzelheizungen, der gröfseren Mühe halber, weniger Räume heizt, als zu gefchehen pflegt, wenn von einer Feuerftelle aus, ohne nennenswerte Steigerung der Arbeit, fämtliche Räume des Gebäudes erwärmt werden können.

Nächft diefer braucht die Dampfheizung den meiften Brennftoff, wegen des Dampfverluftes der Leitungen. Bei einer von mir eingehend beobachteten grofsen Dampfheizanlage wurde — wegen viel zu weiter Leitungsrohre — in diefen durchfchnittlich ebenfoviel Dampf verdichtet als in fämtlichen Heizkörpern. Die Anlage galt trotzdem als Mufter!

Der Dampfheizung fchliefsen fich die Heifswaffer- und Warmwafferheizung an.

Die Bedienungskoften find ebenfalls bei Einzelheizungen am gröfsten, fobald eine dienfttuende Perfon die Heizung zu warten hat.

423. Zufammenfaffung.

Aus alledem geht hervor, dafs, vom Standpunkte der Geldfrage aus betrachtet, eine vernünftig angelegte Sammelheizung im Durchfchnitt billiger ift als die Einzelheizung, dafs man für kleinere Anlagen die Feuerluftheizung, die Niederdruck-Dampfheizung oder die Wafferheizung — letztere beiden entweder als örtliche oder als Luftheizungen —, für Gebäude grofsen Umfanges aber die Dampfheizung verwenden foll, übrigens in jedem befonderen Falle die näheren Umftände berückfichtigen mufs.

Die Frage, ob die Waffer- und Dampfheizung als örtliche oder als Luftheizung auszuführen ift, beantwortet fich auf Grund folgender Erwägungen. Das Unterbringen der Dampf- und Wafferrohre in den Gefchoffen verurfacht wegen der in ihnen auftretenden wechfelnden Temperaturen gewiffe Unbequemlichkeiten; fie birgt die Gefahr in fich, dafs durch Undichtwerden der Rohre, durch Gefrieren während längeren Aufserbetriebfetzens Wände und Decken durchnäfst werden. Die Luftleitung zwifchen den einzelnen Räumen und den Heizkammern ift dagegen zuweilen fchwer unterzubringen, zuweilen gar unmöglich. Je nach den örtlichen Verhältniffen wird man unter den einander gegenüberftehenden Uebeln das kleinfte wählen.

Räume, welche häufig längere Zeit ohne Heizung bleiben, z. B. Kirchen, find unter Vermittelung von Dampf — wegen Froftgefahr — nur dann zu heizen, wenn man den Dampfentwickler froftfrei unterbringt und das Rohrwerk fo anordnet, dafs beim Aufhören des Heizens fämtliches Waffer in den Dampfkeffel oder in ein froftfrei gelegenes Gefäfs fliefst. Bei Wafferheizungen begegnet man zuweilen der Froftgefahr dadurch, dafs man fie nicht mit reinem Waffer, fondern mit weniger leicht gefrierenden Gemifchen füllt. Dahin gehört ein Gemifch von Waffer mit Weingeift,

Löfungen von Chlorcalcium in Waffer (die gefättigte Löfung gefriert erft bei — 40 Grad) oder auch von Chlorcalcium in Glyzerin[309]) (welche erft bei 300 bis 330 Grad fieden und bei den vorkommenden niedrigften Temperaturen nicht gefrieren foll). Da derartige Flüffigkeiten felten angewendet werden, fo habe ich fie bei den Rechnungen unbeachtet gelaffen.

Literatur

über »Heizungs- und Lüftungsanlagen«.

Syftème de chauffage des prifons cellulaires. *Revue gén. de l'arch.* 1842, S. 19.

Note relative au chauffage des prifons cellulaires. *Revue gén. de l'arch.* 1844, S. 192.

Ventilation des écoles, fans chauffage. *Revue gén. de l'arch.* 1844, S. 443.

Chauffage et ventilation des écoles et des afiles. *Revue gén. de l'arch.* 1844, S. 440, 442.

Chauffage des églifes. *Revue gén. de l'arch.* 1855, S. 208.

Chauffage des ferres. *Revue gén. de l'arch.* 1855, S. 362.

Vergleichung der verfchiedenen Heizungen unter einander. ROMBERG's Zeitfchr. f. prakt. Bauk. 1856, S. 35.

Ventilation of hofpitals. *Builder*, Bd. 14, S. 581, 624.

Ventilation des hôpitaux et des établiffements publics. *Nouv. annales de la conft.* 1859, S. 40.

Ventilation des falles d'afile. *Revue gén. de l'arch.* 1860, S. 257.

Der Civilingenieur auf der Londoner Welt-Ausftellung im Jahre 1862. e: Heiz- und Ventilations-Apparate. Zeitfchr. d. öft. Ing.- u. Arch.-Ver. 1863, S. 201.

Ventilation et aérage des hôpitaux. *Revue gén. de l'arch.* 1864, S. 196; 1865, S. 16.

Chauffage des afiles d'aliénés. *Revue gén. de l'arch.* 1865, S. 114.

HERRMANN. Welche Art der Heizung empfiehlt fich für einen grofsen Saal, der nur fehr wenig benutzt wird? Zeitfchr. f. Bauw. 1866, S. 560.

RASCH. Heizungs- und Ventilations-Anlagen für grofse Zimmer, Schulen etc. Zeitfchr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1866, S. 391.

MÖDER, K. Die Ventilation landwirthfchaftlicher Gebäude. Auf Veranlaffung des landwirthfchaftlichen Hauptvereins des Neuftädter Kreifes im Grofsherzogth. Sachfen-Weimar hrsg. Weimar 1867.

BLANKENSTEIN. Ueber die zweckmäfsigfte Heizmethode für Kirchen. Zeitfchr. f. Bauw. 1867, S. 283.

Ventilation in Tanzräumen. Zeitfchr. f. Bauw. 1867, S. 554.

Heizung und Ventilation für Tanzfäle. Deutfche Bauz. 1867, S. 143.

Ueber den Bau von Schulen, die Ventilation und die Einrichtung von Schulzimmern. ROMBERG's Zeitfchr. f. pract. Bauk. 1867, S. 29.

Heizung in öffentlichen Gebäuden. Deutfche Bauz. 1868, S. 263.

BLANKENSTEIN. Ventilation in Theatern mittels des Kronleuchters. Zeitfchr. f. Bauw. 1869, S. 574.

Die Anwendungen der verfchiedenen Einrichtungen für Heizung und Ventilation. Deutfche Viert. f. öff. Gefundheitspfl. 1869, S. 286.

BERGAU, R. Die mittelalterlichen Heizvorrichtungen im Ordenshaupthaufe Marienburg. Zeitfchr. f. Bauw. 1870, S. 105.

SCHARRATH. Ueber Ventilation mit befonderer Berückfichtigung der Einrichtung in Krankenhäufern. ROMBERG's Zeitfchr. f. pract. Bauk. 1870, S. 295.

Chauffage de falles d'afile. *Revue gén. de l'arch.* 1870—71, S. 235.

Erfahrungen über die Heizung von Gefängnifszellen. Deutfche Bauz. 1871, S. 96.

Ventilation of hofpitals for the fick by open fireplaces. *Builder*, Bd. 29, S. 31.

Heizung und Ventilation von Schulen. Deutfche Bauz. 1867, S. 243; 1868, S. 214; 1871, S. 407; 1872, S. 97.

Heizung von Schulgebäuden. HAARMANN's Zeitfchr. f. Bauhdw. 1872, S. 78.

Ventilating double fireplace for provifional hofpitals. *Builder*, Bd. 30, S. 367.

---

[309]) Siehe: Bayer. Ind.- u. Gewbebl. 1875, S. 330

Ueber die Wahl von Heizungen. Deutfche Bauz. 1873, S. 135.

Ventilation des théâtres. Revue gén. de l'arch. 1872, S. 218; 1873, S. 133.

Herter, G. Ueber die Ventilation öffentlicher Gebäude. Viert. f. gerichtl. Med. u. öff. Sanit., Bd. 21, S. 257.

Du chauffage et de la ventilation dans les hôpitaux. Gaz. des arch. et du bât. 1874, S. 11.

De la ventilation des monuments publics. Gaz. des arch. et du bât. 1875, S. 114.

Chauffage des édifices publics. Encyclopédie d'arch. 1875, S. 38, 81, 111 u. Pl. 293.

Ventilation of improved induftrial dwellings. Building news, Bd. 28, S. 107.

Wiesnegg, V. *Notice fur les appareils de chauffage employés dans les laboratoires.* Paris 1876.

Fischer, H. Die Heizung und Lüftung gefchloffener Räume auf der internationalen Ausftellung für Gefundheitspflege und Rettungswefen in Brüffel. Polyt. Journ., Bd. 222, S. 1.

Fischer, H. Bericht über die Ausftellung von Heizungs- und Lüftungsanlagen in Caffel. Polyt. Journ., Bd. 225, S. 521; Bd. 226, S. 1, 113, 217.

Ventilation für Landfchulftuben. Deutfche Bauz. 1877, S. 187.

Ventilation auf der Kaffeler Ausftellung. Deutfche Bauz. 1877, S. 333, 357, 376, 386, 396.

Ventilation der Krankenhäufer. Rohrleger 1878, S. 37.

Ventilation der Schulen. Rohrleger 1878, S. 53.

Ventilation der Theater. Rohrleger 1878, S. 70, 86, 103.

Ventilation der Kafernen. Rohrleger 1878, S 119.

Ventilation der Gefängniffe. Rohrleger 1878, S. 120

Fischer. Ausftellung für Ventilations- und Heizungsanlagen in Kaffel. Zeitfchr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1878, S. 17.

Die richtige Wahl der Heizung. Mafchin.-Conftr. 1878, S. 273.

Paul, F. Ueber Heizung und Ventilation in Unterrichtsanftalten. Zeitfchr. d öft. Ing.- u. Arch.-Ver. 1878, S. 135, 151.

Ventilation of public buildings. Builder, Bd. 36, S. 359.

Bericht über die Heizungs- und Ventilations-Anlagen in den ftädtifchen Schulgebäuden in Bezug auf ihre fanitären Einflüffe, erftattet im Auftrage des Magiftrats zu Berlin. Berlin 1879.

Heizung von Gemäldegalerie-Gebäuden. Zeitfchr. f. Bauw. 1879, S. 29.

Fischer, H. Die Heizung und Lüftung gefchloffener Räume auf der Parifer Weltausftellung. Polyt. Journ., Bd. 231, S. 193, 289, 385.

Pürzl, J. Ueber die Ventilation öffentlicher Locale. Wochfchr. d. öft. Ing.- u. Arch.-Ver. 1879, S. 131.

Joly, Ch. *De la ventilation des falons. Gaz. des arch. et du bât.* 1879, S. 74.

Henderson. *Heating and ventilating of churches and other buildings. Iron,* Bd. 13, S. 233.

School ventilation. Plumber, Bd. 2, S. 370.

Eassie, W. Ueber Ventilationseinrichtungen. *Sanit. record,* Bd. 10, S. 62, 78, 94, 97, 126, 142, 159, 174, 190, 207, 223, 238, 254, 270, 287, 302, 319, 334, 349, 365, 382, 399, 414; neue Folge, Bd. 1, S. 1, 35, 77, 117, 158, 238.

Unterfuchungen der Heiz- und Ventilationsanlagen in den ftadtifchen Schulgebäuden von Darmftadt. Darmftadt 1880.

Kauffer, P. Streifzüge durch neuere Feuerungs- und Heiz-Anlagen. Rohrl. u. Gefundh.-Ing. 1880, S. 158.

Scherrer, J. Aphorismen über Heizung und Ventilation der Schulhäufer. Schaffhaufen 1881.

Ruffert, O. Sachliche Würdigung der in Deutfchland ertheilten Patente. Klaffe 27: Lüftungs-Vorrichtungen. Berlin 1881.

Weiss. Die Trennung der Ventilation von der Heizung in finanzieller Beziehung. Gefundh.-Ing. 1881, S. 1, 30, 57.

Ploss. Sammlung von Urtheilen über Heizung und Ventilation in Schulen. Gefundh.-Ing. 1881, S. 566.

Warming and ventilation of hofpitals, and heated fhafts. Building news, Bd. 42, S. 709.

Kauffer, P. Beheizung und Ventilation von Schulen. Gefundh.-Ing. 1883, S. 313.

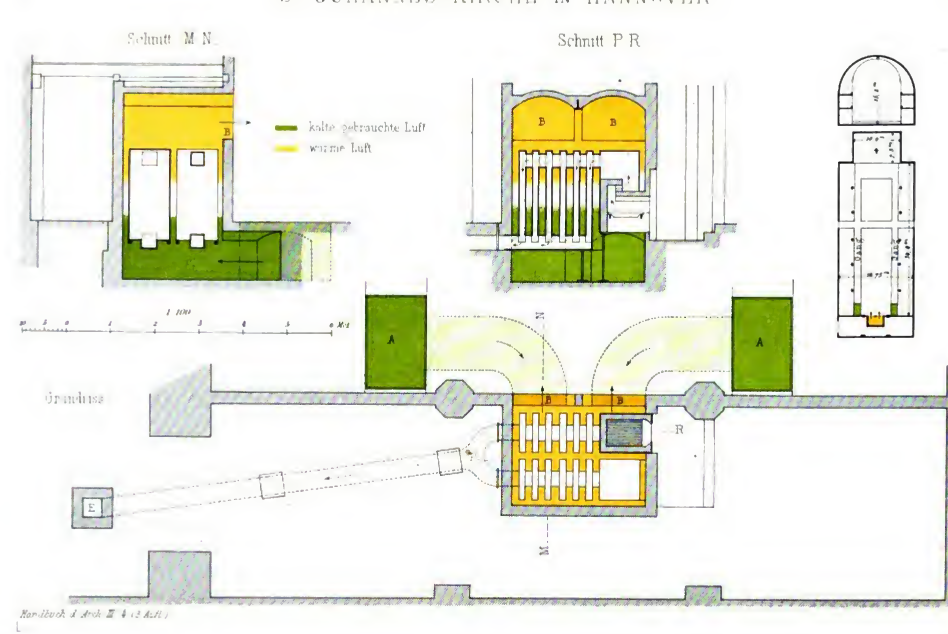
The ventilation of theatres. Builder, Bd. 46, S. 225.

Rietschel, H. Lüftung und Heizung von Schulen. Ergebniffe im amtlichen Auftrage ausgeführter Unterfuchungen etc. Berlin 1886.

Seddon, J. P. *Theatre ventilation. Building news,* Bd. 46, S. 239.

Zu S. 394

St. JOHANNES-KIRCHE IN HANNOVER



Handbuch d. Arch. III. 4. (2. Aufl.)

Schnitt M N

C

B

Erdgeschoss

Wärterin

Ausguss

Aufzug

D

D

M

N

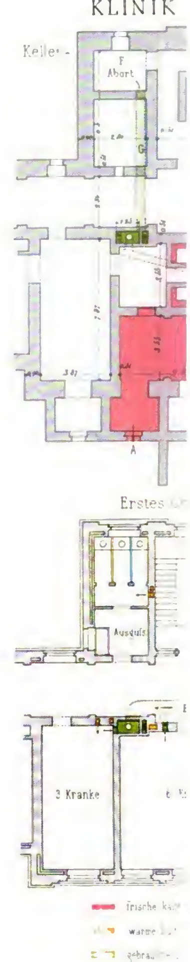
2 Kranke

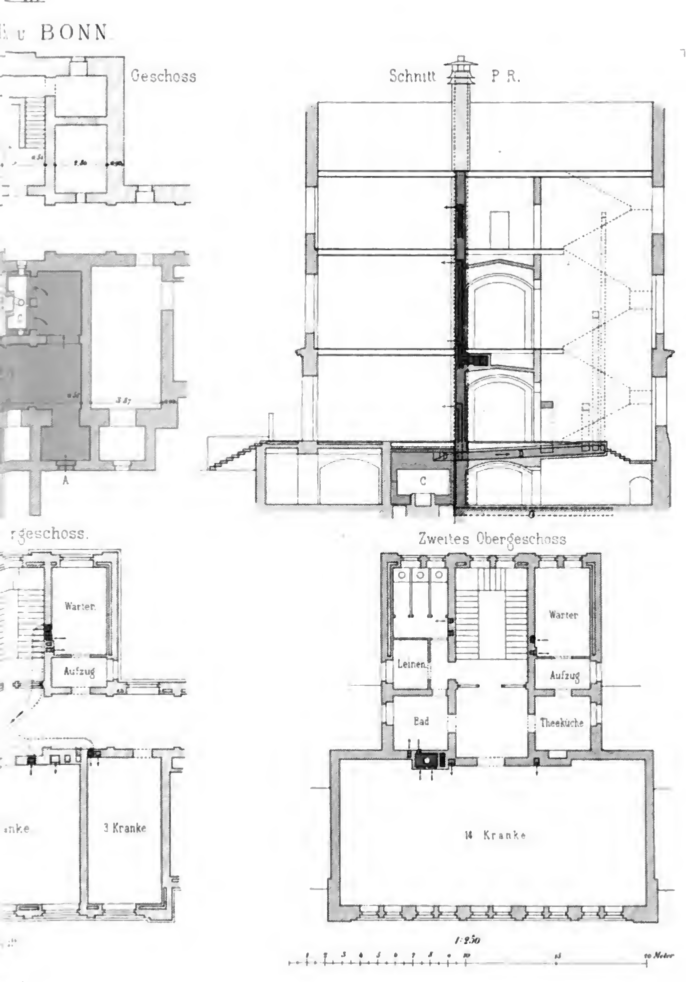
Reconvalescenten

(Eingang für Frauen)

3 Kranke

Handbuch d. Arch. III. 4
(2. Aufl.)




E u BONN
Geschoss
Schnitt P R.
A
C
rgeschoss.
Zweites Obergeschoss
Warter
Aufzug
Leinen
Bad
Theeküche
anke
3 Kranke
14 Kranke
1:250
10 Meter

Heizungs- und Ventilations-Anlagen. Prakt. Masch.-Constr. 1892, S. 59, 65.

FISCHER, H. Die Heizung und Lüftung der Schauspielhäuser. Zeitschr. d. Ver. deutsch. Ing. 1894, S. 1499.

GROVE, D. Ausgeführte Heizungs- und Lüftungs-Anlagen etc. Berlin 1896.

Fortschritte auf dem Gebiete centraler Heizungs- und Lüftungsanlagen für Wohnhäuser und öffentliche Gebäude im letzten Jahrzehnt. Deutsche Viert. f. öff. Gesundheitspfl. 1902, S. 89.

c) Beispiele bewährter Heizungs- und Lüftungsanlagen.

424. Beispiel I.

1) Feuerluftheizung mit Umlauf der St. Johanniskirche zu Hannover. Diese Heizanlage wurde im Laufe des Jahres 1871 ausgeführt. Die nicht schöne Kirche ist auf der nebenstehenden Tafel (bei S. 394) im Grundriss und Querschnitt skizziert; auch sind dort die wesentlichsten Masse eingeschrieben. In den 1,40 m dicken Seitenwänden befinden sich an jeder Langseite je 6 Stück 1,50 m breite, 5,00 m hohe und 6 Stück 1,80 m breite, 2,00 m hohe einfache Fenster; in der Wand hinter dem Altare sind zwei Fenster vorhanden. Das Gewölbe ist aus Schalbrettern gebildet, welche an der Unterfläche gerohrt und geputzt sind.

Wegen der grossen Gesamtlänge der Kirche — 46,67 m im Lichten — konnte der am westlichen Ende, unter der Orgel befindliche Raum von dem den Zwecken des Gottesdienstes gewidmeten Schiff abgetrennt werden, wodurch ein geeigneter Aufstellungsort für die Heizkammer gewonnen wurde. Die Heizanlage wurde nur wenig in den Boden versenkt, was wünschenswert erschien, da einerseits an den für die Heizanlage möglichen Stellen mit Gebeinen gefüllte Gewölbe sich befanden — selbst die vorliegende Anlage erforderte das teilweise Ausräumen eines Grabgewölbes —, andererseits der Grundwasserstand wegen der tiefen Lage der Kirche der vollständig versenkten Heizkammer gefährlich geworden wäre. Für die Schornsteinanlage bot sich ein geeigneter Platz in dem an der nordwestlichen Ecke befindlichen, nahezu unbenutzten Flügelbau. Die Höhe des Schornsteines, welcher im First dieses Flügelbaues mündet, ist 16,00 m über dem Fussboden der Kirche; wenn schon hierdurch ein sehr kräftiger Zug gesichert ist, so ist doch durch eine Windkappe die Mündung des Schornsteines gegen die Einflüsse der aus der Nähe des Turmes erwachsenden Luftwirbel geschützt worden.

Von einem künstlichen Luftwechsel der Kirchen kann im allgemeinen abgesehen werden, so dass auch hier lediglich Umlaufheizung in Anwendung gekommen ist.

Am Boden der zwischen den Kirchenstühlen befindlichen Gänge, und zwar bei *AA*, sind mittels durchbrochener Platten Schächte verdeckt, welche die kälteste Luft der Kirche in den unteren Teil der Heizkammer treten lassen. In dieser befinden sich zwei Oefen[310]), deren Heizfläche je 26,6 qm, deren Rostfläche je 0,4 qm beträgt. Die erwärmte Luft gelangt durch die leicht vergitterten Oeffnungen *B* in die Kirche.

Der Rauch der Oefen sammelt sich neben der Heizkammer in einem unter dem Fussboden liegenden Kanal, welcher ihn dem Schornsteine *E* zuführt. Behufs Anlockens des Rauches ist über dem Fussboden im Schornstein eine Tür angebracht; es ist jedoch selten erforderlich, von einem vorherigen Erwärmen des Schornsteines Gebrauch zu machen.

Bei 10 Grad Kälte (während der vorhergehenden Tage schwankte die Temperatur zwischen — 4 und — 10 Grad) wurden durch 6stündiges Heizen + 11 Grad im Schiff, + 12 Grad auf der unteren Empore erzielt; unterhalb der Ausströmungsöffnungen *B* zeigte das Thermometer 12 Grad, während ein auf den Altar gesetztes Thermometer wenig unter 11 Grad zeigte. Ausser dem Brennstoff für das Anfeuern wurden 490 kg Steinkohle gebraucht. Die Kosten der Anlage, einschl. aller Maurer- u. s. w. Arbeiten, betrugen 3600 Mark.

425. Beispiel II.

2) Feuerluftheizung mit Sauglüftung der medizinischen Klinik zu Bonn. Das umfangreiche Gebäude der medizinischen Klinik in Bonn wird durch 9 Feuerluftheizungen erwärmt und durch ebensoviele Lockschornsteine gelüftet; die betreffende Anlage wurde von *J. H. Reinhardt* in Würzburg ausgeführt. Auf der nebenstehenden Tafel ist eine der erwähnten 9 Anlagen, nämlich diejenige für den Mittelbau, in vier Grundrissen und zwei lotrechten Schnitten wiedergegeben. Zwei Kellerfenster *A* lassen die frische Luft in die geräumige Luftkammer *B* gelangen, in welcher sie sowohl ihre Geschwindigkeit, als auch einen Teil des mitgeführten Staubes

310) Siehe: Mitth. d. Gwbver. f. Hannover 1872, S. 37.

verlieren foll. Von hier aus tritt fie, durch zwei am Boden befindliche Oeffnungen, in die Heizkammer, erwärmt fich am Ofen *C* und fteigt in die Verteilungskanäle *D* für warme Luft, welche zwifchen dem Kellergewölbe und dem Fufsboden des Erdgefchoffes untergebracht find. 16 lotrechte Kanäle führen die erwärmte Luft in die betreffenden Räume, wofelbft fie über Kopfhöhe austritt.

Die gebrauchte Luft kann entweder in der Nähe der Decke oder dicht über dem Fufsboden abgefaugt werden; fie foll von den hier in Frage kommenden Zimmern in den gemeinfamen Lockfchornftein gelangen, weshalb ein wagrechter Sammelkanal *E* notwendig wird. Man hat letzteren über die Gewölbe des Ganges im Erdgefchofs gelegt, weil der verfügbare Raum neben den Verteilungskanälen *D* weniger bequem erfchien. Ein Teil der gebrauchten Luft des Erdgefchoffes mufs daher fteigen, bevor fie zum Sammelkanal *E* gelangt, während diejenige der höheren Gefchoffe zu ihm herabfällt; teilweife find auch Oeffnungen angebracht, welche die Zimmer unmittelbar mit dem Inneren des Lockfchornfteines in Verbindung bringen.

Die Luft der Aborte wird abweichend von derjenigen der übrigen Räume behandelt. Sie wird nämlich durch die Abfallrohre nach unten, in einen befonderen Raum *F* des Kellergefchoffes, geleitet und aus diefem vermöge des unter dem Fufsboden des Kellers liegenden Kanals *G* zur befonderen Lockfchornfteinabteilung *H* geleitet.

Im Winter erfolgt das Erwärmen des Schornfteines durch den Rauch des Heizofens, im Sommer und fobald es fonft nötig wird, durch eine befondere Feuerung *I*, welche vom gewöhnlichen Heizerraume aus im Kellergefchofs bedient wird.

Das Regeln der Wärmeabgabe wie auch des Luftwechfels erfolgt in den betreffenden Räumen, indem die Mündungen der Kanäle mit geeigneten Klappen verfehen find.

Bemerkenswert ift die Gröfse der Luftkammer *B*; fie ift in hohem Mafse geeignet, eine ruhige Luft, die für eine angenehme Wirkung der Heizungs- und Lüftungsanlage nötig ift, zu vermitteln. Ich mufs jedoch bemerken, dafs ich es für zweckmäfsiger halten würde, die Luftkammer nicht allein mit einer, fondern auch mit der entgegengefetzten Seite des Haufes in freie Verbindung zu fetzen, um die Einwirkung des Windes möglichft anszugleichen. Die fteigende Lage der Warmluft-Verteilungskanäle *D* fichert rafches Inbetriebfetzen der Anlage.

Weniger zweckmäfsig finde ich die Lockfchornfteinanlage. Würde man die gebrauchte Luft im Kellergefchofs gefammelt haben, fo würde die wirkfame Höhe des Schornfteines ohne Schwierigkeit auf 21 m gebracht worden fein, während fie bei der vorliegenden Anordnung im Mittel nur 16 m beträgt. Der untere Teil des Schornfteines, in welchem die Wärmeabgabe der Rauchrohre, wegen der hier herrfchenden höheren Rauchtemperatur, am vorteilhafteften ftattfindet, wird nur zur Führung der gebrauchten Luft des Ganges, eines Zimmers für 2 Kranke und des Rekonvalefzentenraumes (vergl. den Grundrifs des Erdgefchoffes) benutzt, während der bei weitem gröfste Teil der gebrauchten Luft des II. Obergefchoffes erft in deffen Höhe in den Schornftein gelangt und hier vorwiegend zur Abkühlung, alfo zur Verminderung des Auftriebes der im Schornftein vorhandenen Luft dient.

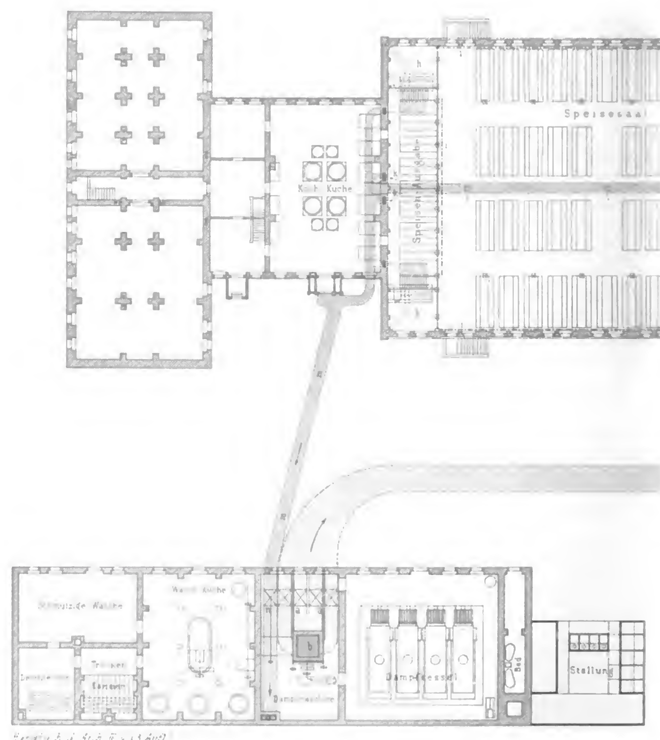
Das Erwärmen der Schornfteinabteilung für die Aborte dürfte nicht immer in genügendem Mafse erfolgen, da fie unter Vermittelung einer gemauerten Wand und durch die aus den Zimmern gefaugte Luft erfolgt. Sauglüftungen erfordern aber, wie in Art. 413 (S. 387) bereits erörtert worden ift, für diejenigen Räume, in welchen übelriechende Gafe in gröfserer Menge entwickelt werden, eine befonders kräftige Wirkung, damit unter allen Umftänden das Austreten der Gafe in benachbarte Räume verhindert wird.

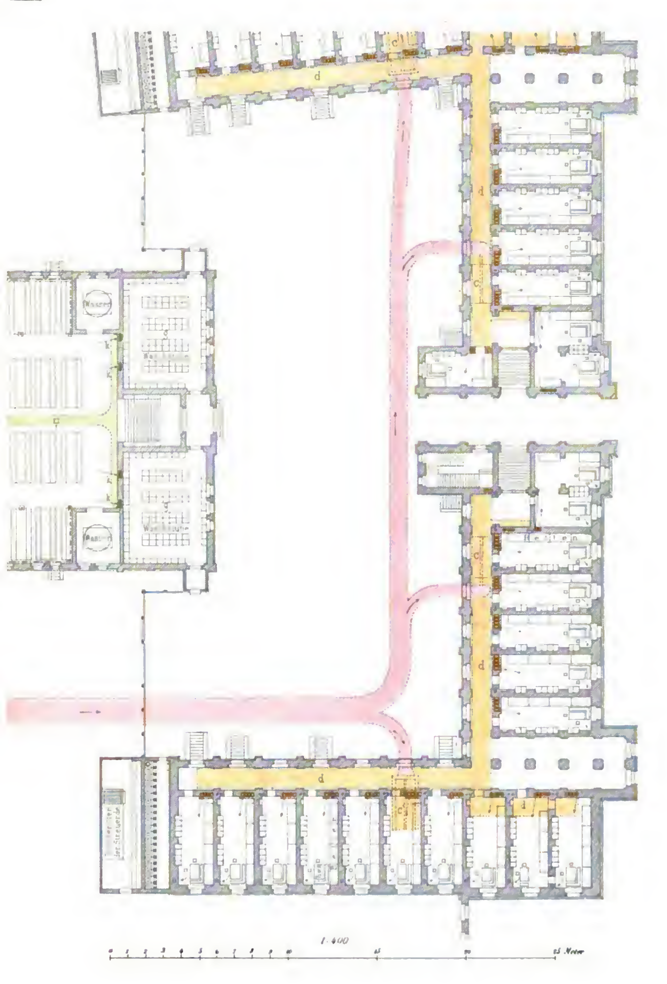
Was nun endlich die Frage anbelangt, ob für den vorliegenden Fall die Feuerluftheizung zweckmäfsig ift oder nicht, fo bemerke ich, dafs durch das Zerlegen der Anlage in 9 Teile verhältnismäfsig kurze Kanäle, die wenig Widerftand leiften und wenig Raum beanfpruchen, gewonnen find. Die Anwendung der 9 Heizkammern und 9 Lockfchornfteine ift daher nur zu billigen. Würde man ftatt der unmittelbar durch Feuer erwärmten Oefen Dampf- oder Heifswaffer-Heizkörper benutzt haben, fo würde man im ftande gewefen fein, fowohl die Zahl der Lockfchornfteine als auch diejenige der Heizkammern zu vermehren, alfo das liegende Kanalnetz weiter zu vereinfachen; man würde auch für das ganze Gebäude nur eine Feuerftelle nötig gehabt haben, alfo an Bedienungskoften fparen. Dagegen würden die Anlagekoften erheblich höher geworden fein. Die oben angeregte Frage ift daher nur auf Grund der Koftenanfchläge verfchiedener Pläne, welche die erforderlichen Zinfen, Abfchreibungen und Unterhaltungskoften erkennen laffen, fachgemäfs zu beantworten.

ARBEITER-KOST-UND-LOGIRHAUS

DES BOCHUMER VEREINS FÜR BERGBAU u. GUSSSTAHLFABRIKATION

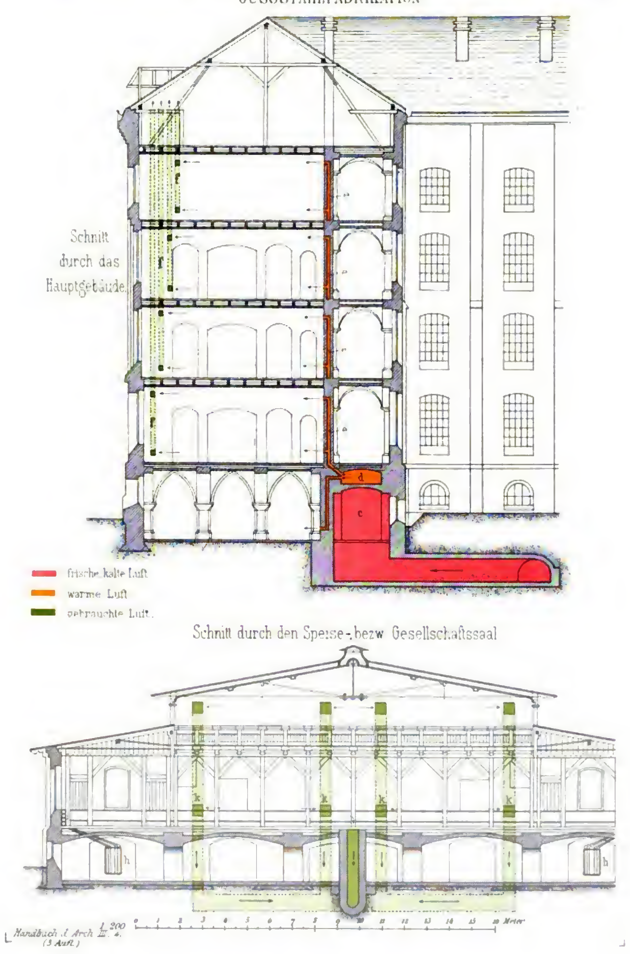
frische kalte Luft — warme Luft — gebrauchte Luft





397.

ARBEITER-KOST- UND LOGIRHAUS DES BOCHUMER VEREINS FÜR BERGBAU UND GUSSSTAHLFABRIKATION



426. Beifpiel III.

3) **Feuerluftheizung mit Drucklüftung und Warmwafferheizung mit Sauglüftung im Arbeiter-Koft- und Logierhaus des Bochumer Vereins für Bergbau und Gufsftahlfabrikation.** In den Jahren 1873—74 wurde, nach Plänen *Spetzler's*[311]), die auf den nebenftehenden Tafeln dargeftellte Anlage ausgeführt. Die Doppeltafel enthält den Grundrifs des Erdgefchoffes, welcher infofern unvollftändig wiedergegeben ift, als der eine Flügelbau, welcher dem anderen gleicht, nur teilweife Platz gefunden hat. Das vordere oder Hauptgebäude enthält in 4 Gefchoffen etwa 150 Stuben mit je 2, 4 oder 6 Betten; jedes der Betten foll doppelt belegt werden, wegen des Wechfels der Tag- und Nachtfchicht, fo dafs das Gebäude 1500 unverheirateten Arbeitern Unterkunft gewährt. Aufser diefen Logierzimmern befinden fich die Wohnung des Infpektors, die Leinenzimmer u. f. w. in diefem Hauptgebäude. Hinter letzterem ift ein eingefchoffiges Haus errichtet, welches die Wafchräume, den grofsen Speife-, bezw. Unterhaltungsfaal, die Küche und andere Wirtfchaftsräumlichkeiten enthält. Die kleinere Tafel zeigt Querfchnitte der beiden genannten Gebäude.

Endlich ift ein befonderes Gebäude vorhanden, in welchem fich Badezimmer, Dampfkeffel, Mafchinenanlage, Wafchküche u. f. w. befinden.

In letzterem Gebäude bewegt eine Dampfmafchine zwei Schraubenbläfer *a*, die durch den über Dach mündenden Schacht *b* frifche Luft zugeführt erhalten und folche durch einen unter der Erde liegenden Kanal und feine Zweige in die 4 Heizkammern *c* drücken. Die Heizkammern liegen in der Höhe des Kellergefchoffes; fie enthalten je zwei unmittelbar durch das Feuer oder feinen Rauch erwärmte Oefen. Nach entfprechendem Erwärmen der Luft gelangt diefe in unter dem Fufsboden des Erdgefchoffes befindliche Kanäle *d* (vergl. die kleinere Tafel), welche fie den lotrecht zu den Stuben auffteigenden Kanälen *e* übergeben. Wie aus dem Querfchnitt des Hauptgebäudes erkannt werden kann, find auch lotrecht abfteigende Kanäle vorhanden, welche das Kellergefchofs von den Kanälen *d* aus mit frifcher, nach Umftänden warmer Luft verforgen.

Jede Stube fteht nun, vermöge eines der Kanäle *f*, mit dem Dachraume in Verbindung, fo dafs aus dem Zimmer die Luft in dem Mafse nach dem Dachraume abgeführt wird, als frifche Luft einftrömt.

Die Einftrömungsöffnungen der Luft befinden fich in den Zimmern in zwei verfchiedenen Höhen (vergl. die kleinere Tafel); welchen Zweck diefe Anordnung verfolgt, vermag ich nicht zu erkennen. Vielleicht ift der Verfaffer des Entwurfes noch unficher gewefen, ob das Einführen der Luft im unteren oder dasjenige im oberen Teile jedes Zimmers vorteilhafter ift, fo dafs er vorzog, beide Wege fich offen zu halten. Die Abftrömungsöffnungen liegen ebenfalls in zwei verfchiedenen Höhen; im Winter ift regelmäfsig die untere frei, während die obere Oeffnung gefchloffen ift. Nur bei zufälliger Ueberheizung foll die obere Oeffnung zum Abführen der Luft dienen.

Der Querfchnitt der vier zu den Heizkammern führenden Zuluftkanäle ift je $1{,}10^{m}$ im Geviert, alfo, unter Berückfichtigung der Gewölbe, rund $1{,}2^{qm}$. Jedem Bett follen ftündlich 30^{cbm} frifche Luft geliefert werden; fonach ift die Luftgefchwindigkeit in den erwähnten Kanälen durchfchnittlich $\frac{30 \cdot 750}{4 \cdot 1{,}2 \cdot 3600} = 1{,}30^{m}$.

Ebenfo grofs ift die Luftgefchwindigkeit im Hauptkanal, während im Saugfchachte *b*, welcher die Schraubenbläfer *a* fpeift, weil fein Querfchnitt $2{,}00^{m}$ im Geviert mifst, bei vollem gleichzeitigen Betriebe der vier Heizkammern eine etwas gröfsere Gefchwindigkeit herrfcht. Der Querfchnitt jedes der lotrechten, zu den Zimmern mit je 4 Betten führenden Kanäle ift etwa 320^{qcm}, fo dafs die Luftgefchwindigkeit darin ungefähr 1^{m} betragen dürfte.

Die Sommerlüftung erfolgt durch diefelben Mittel, welche der Winterlüftung dienen; jedoch find in den eifernen Fenfter der Stuben je zwei grofse fog. Luftfcheiben angebracht, welche nach Belieben benutzt werden können.

Die beiden Wafchftuben *g* werden durch gewöhnliche Oefen erwärmt; fie enthalten je 56 Wafchbecken, denen kaltes und warmes Waffer zugeführt wird.

Der Speife-, bezw. Gefellfchaftsfaal, welcher fich an die Wafchftuben anfchliefst, enthält 1000 Plätze. Sein Erwärmen erfolgt durch zwei Warmwafferheizungen, deren Heizkeffel im Kellergefchofs bei *h* untergebracht find. Die Rohre *i*, welche die Wärme an die Luft des Saales abzugeben haben, liegen längs der Wände und der Speifenausgabeftelle. Im Grundrifs find diefe Rohre *i* durch ftrichpunktierte Linien, im Querfchnitt durch Kreife angedeutet. Der in Rede

[311]) Siehe: Correfpondenzbl. des niederrhein. Ver. für öffentl. Gefundheitspfl. 1878, S. 144.

ftehende Saal ift mit einer Sauglüftung verfehen. Bei *k* befinden fich in den Wänden, bei *l* im Fufsboden Oeffnungen, welche mit dem Saugkanal *m* in Verbindung ftehen. An den Wänden mündet jeder Saugkanal zweimal, nämlich in der Nähe des Fufsbodens und in der Nähe der Decke; diefe Einrichtung wird in bekannter Weife benutzt. Frifche Zuluft tritt teils durch die Undichtheiten der Einfchliefsungsflächen ein; teils gelangt fie vermöge geeigneter Oeffnungen zu den Heizungsrohren, um hier erwärmt zu werden, bevor fie in den Saal gelangt.

Der Saugkanal *m* dient auch zur Lüftung der Küche. Er enthält im Mafchinenraume einen Schraubenbläfer *n*, welcher die Luft einerfeits anfaugt, andererfeits durch den lotrechten Schacht *o* auswirft.

427. Beifpiel IV

4) Heifswaffer-Luftheizung des Haufes *Kahn* zu Mannheim. Die nebenftehende Tafel enthält zwei Grundriffe und zwei lotrechte Schnitte diefes Gebäudes, deffen Heizanlage durch das Eifenwerk Kaiferslautern ausgeführt worden ift.

Das Erdgefchofs wird durch die Sammelheizung erwärmt, während das andere Gefchofs mit Ausnahme dreier Räume mit gewöhnlichen Oefen verfehen ift.

Im Kellergefchofs bezeichnet *A* den Heizofen, in welchem die nötige Heizrohrlänge nach Art von Fig. 334 (S. 339), und zwar in drei Abteilungen, eingelegt ift. Die eine Abteilung fteht mit den Heizkammern *1* und *2* in Verbindung. Das heifse Waffer durchftrömt in der Regel zunächft den Heizkörper in *1*, hierauf denjenigen in *2*, worauf das abgekühlte Waffer in den unterften Teil des Ofens *A* zurückkehrt. Vermöge der im Grundrifs des Kellergefchoffes vor den in Rede ftehenden Heizkammern angedeuteten Ventile vermag man jedoch das Waffer, ganz oder teilweife, fowohl an der Heizkammer *1* als auch an der folgenden *2* vorüberftrömen zu laffen, fo dafs hierdurch die Wärmezufuhr der in Frage ftehenden Heizkammern geregelt werden kann. In derfelben Weife verforgt die zweite Rohrabteilung die Heizkammern *4* und *3*. Die Heizkammer *5* hat ihre eigene, die dritte Rohrabteilung. Die Ausdehnungsgefäfse haben im Abortraume des Erdgefchoffes, bei *E*, Platz gefunden. Als Heizkörper dienen fchmiedeeiferne, im Zickzack gebogene Rohre, welche, behufs Vergröfserung der Heizfläche, bezw. Verminderung der Oberflächentemperatur, von geripptem Gufseifen umfchloffen find.

Unter der Treppe des Seitenflügels (bei *B*) und unter der Veranda (bei *C*) mündet der Kanal *D*, welcher die frifche Luft heranzuführen hat. Da diefer an zwei einander entgegengefetzten Seiten mit dem Freien in Verbindung fteht, fo werden die Einflüffe des Windes abgefchwächt. Uebrigens dienen zwei Droffelklappen *E* und *F* zum teilweifen oder vollftändigen Abfperren des Kanals *D* von den Mündungen *B* und *C*.

Vom Hauptkanal *D* aus wird die frifche Luft unmittelbar oder durch geeignete Zweigkanäle den Heizkammern zugeführt und gelangt, nachdem fie erwärmt ift, durch lotrechte Kanäle auf kürzeftem Wege in die betreffenden Räume.

Diejenigen Kanäle *G*, welche die gebrauchte Luft abzuführen haben, münden in der Nähe des Fufsbodens und in der Nähe der Decke in den betreffenden Räumen und fammeln fich, unter Vermittelung wagrechter Teile, welche in der Decke zwifchen Erd- und Obergefchofs liegen (in den Grundrifs des Erdgefchoffes eingetragen), in einem gemeinfchaftlichen, über das Dach führenden Schachte *H*. In diefem Schachte befindet fich das eiferne Rauchrohr der Feuerung, fo dafs ein Erwärmen der abgefaugten Luft ftattfindet, alfo deren Auftrieb vergröfsert wird.

Die oberen Abzugsöffnungen der Kanäle *G* follen geöffnet werden, fobald durch irgend einen Umftand eine Ueberheizung eingetreten ift, und auch im Sommer, um die wärmfte Luft der Zimmer abzuführen. Da eine befondere Feuerung für den Lockfchornftein nicht vorgefehen ift, fo dürfte die Sommerlüftung wenig Erfolg haben.

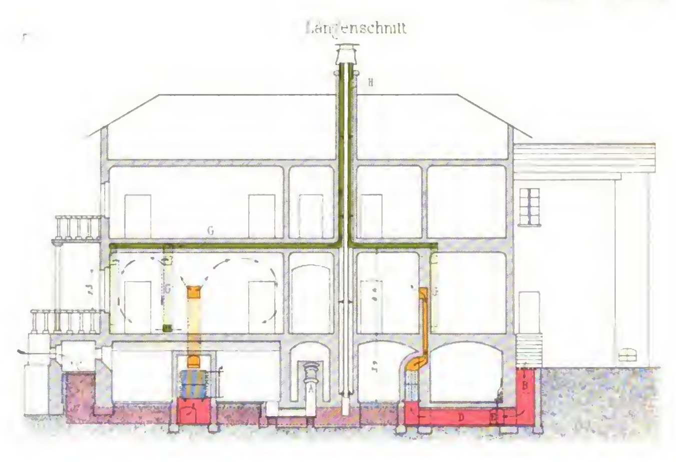
Die befriedigend wirkende Anlage gibt mir zu folgenden Ausfetzungen Veranlaffung.

Zunächft kann ich nicht billigen, dafs der wagrechte Teil der Abfaugungskanäle *G* über das Erdgefchofs gelegt worden ift. Er würde zwifchen Kellergewölbe und Erdgefchofs-Fufsboden bequemer Platz gefunden haben, und durch letztere Anordnung würde die Auftriebshöhe des Lockfchornfteines wefentlich vergröfsert worden fein.

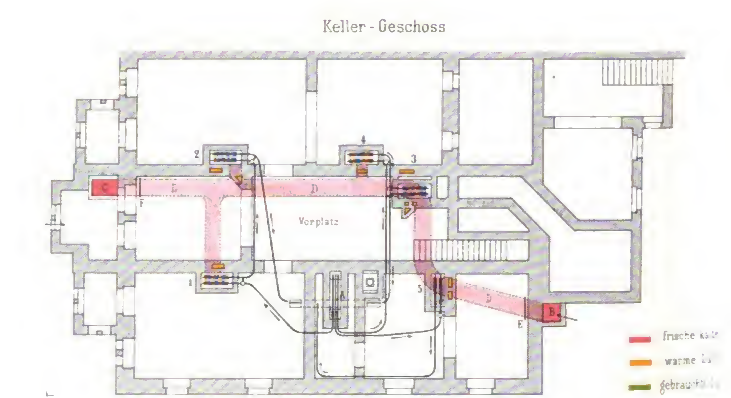
Ferner kann ich die Anordnung der Ventile und Droffelklappen nicht billigen. Sie bedingt, dafs dem Heizer fämtliche Kellerräume zugänglich find, was mindeftens recht läftig ift. Man erficht aus dem Kellergrundrifs leicht, dafs die Ventile der Heizkammern *1*, *2* und *4* ohne Schwierigkeit auf den Kellervorplatz gelegt werden konnten. Die Droffelklappen *E* und *F* vermochte man, nach geringen Aenderungen der Kanäle für frifche Luft, ebenfalls vom Vorplatz aus regelbar anzubringen.

HAUS KAHN

Längenschnitt



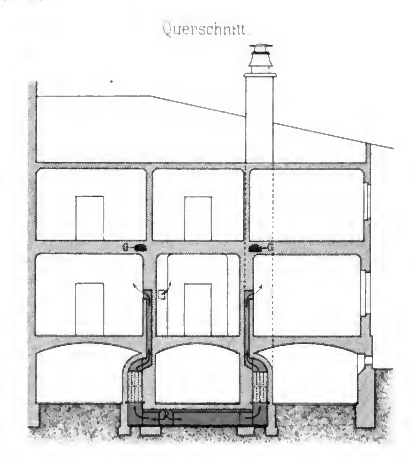
Keller - Geschoss



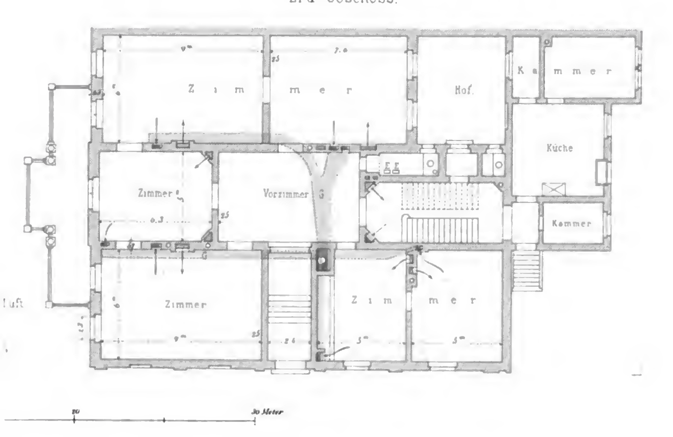
1:250

MANNHEIM

Querschnitt.



Erd-Geschoss.



Lageplan.

A Hauptgebäude
B Kesselhaus
C Waschhaus
D Baracken
E Leichenhaus
F Luftschacht
G Grube

Kellergeschoss

a Küche
b Speisegewölbe
c Aufwaschraum
d Keller f. trockene Gemüse etc.
e Mangel- u. Plättstube
f Speisezimmer f. d. Dienstpersonal
g Keller f. d. Apotheke
h Wohnung des Hausmannes
i Zimmer f. d. Küchenpersonal
k Keller
l Keller f. Holz u. Kohle
m Kesselhaus
n Raum f. d. Selbstleerer u. f. d. Dampfmaschine zur Speisung d. Kessel
o Waschhaus
p Dampftrockenraum
q Desinfektionswäscherei
r Raum zur Desinfektion der Kleidungsstücke
s Raum zur Bereitung der Süvern'schen Desinfektionsmasse
t Maschinenraum
u Bläser
v Speiseaufzug und Wäscheaufzug
w Heizkammern f. d. Krankenzimmer
x Heizkammern f. d. Treppenhaus u. die Flurgänge
y Lockschornsteine mit den eisernen Schornsteinen
z Höfe

Handbuch d. Arch. III. 4. (2. Aufl.)

KINDERHEILANSTALT IN DRESDEN.

Das hier angewendete Verfahren, nur mittels frifcher Luft zu heizen, ift für Anlagen wie die vorliegende zu empfehlen, wenn der Wärmebedarf nicht zu grofs ift. Der etwaige Wärmeverluft dürfte aufgehoben werden durch die weitgehende Einfachheit der Anlage und die Sicherheit, dafs im Winter regelmäfsig gelüftet wird.

428. Beifpiel V.

5) Dampfluftheizung mit Druck- und Sauglüftung der Kinderheilanftalt zu Dresden. Auf einem 56,60 m breiten und 118,20 m langen Grundftück (fiehe den Lageplan auf der nebenftehenden Tafel) wurde 1876—77 das aus Kellergefchofs und 3 weiteren Gefchoffen beftehende Hauptgebäude nebft Keffelhaus und Wafchhaus erbaut. Die frifche Zuluft wird durch ein Türmchen *F* im Garten gefchöpft und mittels eines unterirdifchen Kanals in das Gebäude geführt. Sie wird gefiltert und entweder durch einen Bläfer *n* (unter der Treppe) oder, unter Umgehen des Bläfers, durch den Auftrieb der erwärmten Luft zu den 9 Heizkammern *w* geführt. Sie wird hier an Dampfheizkörpern erwärmt und gelangt durch lotrechte Schlote auf kürzeftem Wege in die zu verforgenden Räume. Aus diefen entweicht die gebrauchte Abluft entweder nahe über dem Fufsboden oder nahe der Decke, um durch lotrechte Schlote nach unten zu fallen. Die einzelnen Schlote ftehen mit unter dem Kellerfufsboden angebrachten Kanalnetzen in Verbindung, von denen je eines einem der beiden Lockfchornfteine *y* angefchloffen ift. Der eine, der füdliche, diefer Lockfchornfteine wird durch den in ihm befindlichen eifernen Schornftein der Dampfkeffelfeuerung, der andere durch den Schornftein der Küche geheizt. Beide Lockfchornfteine können, was im Sommer in Frage kommt, durch befondere Feuer erwärmt werden. Die Regelung liegt zum Teile in den Krankenzimmern, zum Teile im Kellergefchofs.

Die Fenfter der Krankenzimmer find fo eingerichtet, dafs nach Umftänden durch fie der Luftwechfel ganz oder teilweife bewirkt wird. Die Luftkanäle find ohne Putz; ihre Innenflächen find forgfältig gemauert und gefügt. Das Reinigen der Kanäle und Schlote ift durch bequeme Zugänglichkeit erleichtert.

429. Beifpiel VI.

6) Dampfluftheizung mit Drucklüftung der Allen-Schule zu Akron (Vereinigte Staaten[312]). Auf der umftehenden Tafel find das Kellergefchofs, das Erdgefchofs und das Obergefchofs abgebildet. Im Kellergefchofs ift eine fehr einfache Dampfmafchine aufgeftellt, welche den Bläfer *A* antreibt. Der benutzte Dampf durchftrömt den aus engen Rohren zufammengefetzten Heizkörper, welchem nach Bedarf auch frifcher, entfpannter Dampf zugeführt werden kann. Da die Wärme des Mafchinendampfes auf diefe Weife zur Heizung verwendet wird, fo ift eine fehr einfache, leicht zu bedienende, allerdings auch ziemlich viel Dampf verbrauchende Dampfmafchine zuläffig. Die vom Bläfer *A* gelieferte Luft kann nun den Heizkörper *B* umgehen, um in das unter der Kellerdecke hängende, aus verzinktem Eifenblech angefertigte, flache Kanalnetz *C* zu gelangen und durch letzteres an die einzelnen, lotrecht nach oben geführten Schlote abgegeben zu werden, oder die Luft kann die Heizrohre befpülen und durch ein Kanalnetz, welches dem mit *C* bezeichneten gleicht und dicht unter *C* hängt, zu den Schloten gelangen. Da wo die beiden übereinander liegenden Kanäle in einen Schlot münden, find fie mit einer Mifchklappe nach Fig. 217 (fiehe Art. 306, S. 261) verfehen, die von dem betreffenden Unterrichtszimmer aus eingeftellt wird. Je nachdem nun mehr Luft aus dem oberen oder aus dem unteren Kanal entnommen wird, ftrömt die vom Bläfer herangetriebene Luft dem einen oder anderen in ftärkerem Grade zu; der Heizkörper wird fonach von einer gröfseren oder geringeren Luftmenge umgangen. Daher kann die Regelung der Wärmeabgabe diefes Heizkörpers eine rohe fein, durch Abfperren von Rohrgruppen erfolgen. Aus den Unterrichtszimmern *U* entweicht die Luft durch nach oben führende Schlote in das Freie. Die Kleiderablagen *K* erhalten mit wenigen Ausnahmen nur warme Luft zugeführt, und die Regelung findet durch in diefen Räumen einftellbare Klappen ftatt. Den Vorräumen *V* des Erdgefchoffes wird im Winter ebenfalls nur warme Luft zugeführt, und zwar durch im Fufsboden liegende Gitter. In den Abluftfchloten befinden fich Droffelklappen, welche zur Regelung dienen, im befonderen aber zum völligen Abfperren am Abend, da fonft durch die Saugkraft der Schlote während der Nacht fehr viel kalte Luft gefaugt werden würde.

Es bedarf kaum des Hinweifes, dafs die Anlage auch im Sommer eine reichliche und fichere Lüftung herbeizuführen vermag; der Abdampf der Betriebsmafchine entweicht dann einfach in das Freie. Die vorliegende Anlage ift für fehr ftarken Luftwechfel eingerichtet, wodurch felbftverftändlich die Betriebskoften fehr hoch ausfallen.

[312]) Siehe: Zeitfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1894, S. 184



Das nunmehr folgende Beiſpiel iſt einer weit geringeren Lüftungsmenge angepaſst und geſtattet im Sommer nur das Lüften durch Oeffnen der Fenſter.

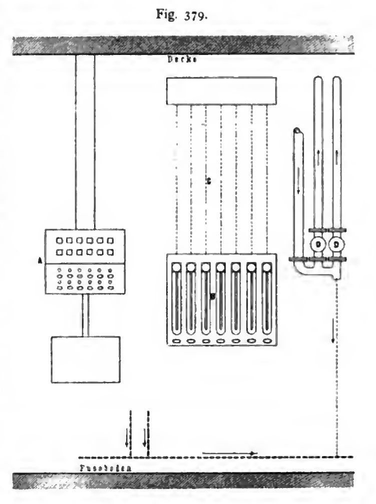
430.
Beiſpiel
VII.

7) Dampfluftheizung, gepaart mit örtlicher Dampfheizung, der Volksſchule zu Hannover-Hainholz. In Art. 412 (S. 386) wurde erwähnt, daſs wenn die Temperatur der warmen Luft mäſsig ſein ſoll, an kalten Tagen in vielen Fällen weit mehr Luft eingeführt werden müſſe, als für den Zweck des Lüftens in Ausſicht genommen iſt. Um die hiermit verbundene Vergeudung zu vermeiden, iſt die Anlage der Hainholzer Schule ſo eingerichtet, daſs ſie ſo lange als reine Dampfluftheizung betrieben wird, als das Wärmebedürfnis durch höchſtens 40 Grad Lufttemperatur gedeckt wird. Bei weiterſteigender Kälte wird eine örtliche Dampfheizung zu Hilfe genommen.

Die nebenſtehende Tafel (bei S. 401) enthält die Grundriſſe des Keller- und des Erdgeſchoſſes. Zwei weitere Geſchoſſe ſind im weſentlichen ebenſo beſchaffen wie das Erdgeſchoſs.

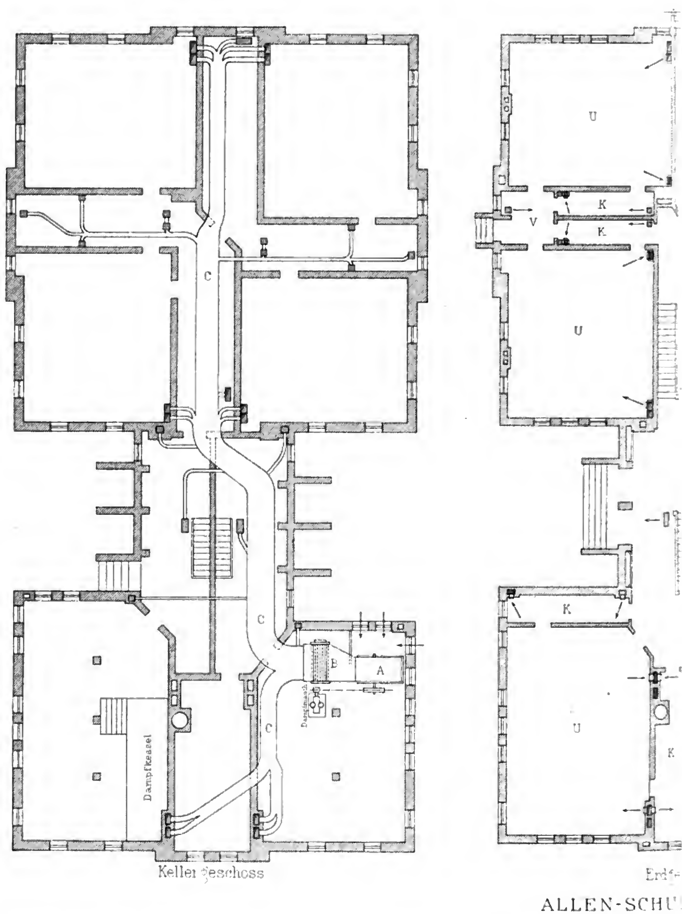
Im Kellergeſchoſs befinden ſich zwei Niederdruck-Dampfkeſſel, an die ſich ein gemeinſames Dampfrohr anſchlieſst. Von letzterem zweigen ſich zwei getrennte Dampfleitungen ab. Die eine dieſer Leitungen verſorgt die drei im Kellergeſchoſs-Grundriſs ohne weiteres als ſolche erkennbaren Heizkammern und ferner diejenigen Räume (Zimmer des Rektors, des Schulvogts, Sammlungen u. ſ. w.), die mit künſtlicher Lüftung nicht verſehen ſind und deshalb von vornherein durch örtlich aufgeſtellte Heizkörper erwärmt werden. Die zweite Leitung verſorgt die in jedem Unterrichtszimmer aufgeſtellten Heizkörper; ihr Hauptventil wird erſt dann geöffnet, wenn das Erwärmen der Schulräume durch die Luftheizung nicht mehr genügt.

Fig. 379.

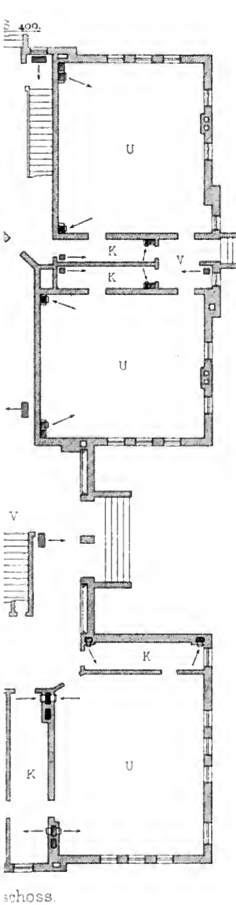


Die Fenſteröffnungen der Kellergeſchoſsräume, in welchen die Heizkammern ſich befinden, ſind nur vergittert, ſo daſs die friſche Luft frei eintreten kann. Sie tritt in den unteren Teil der Heizkammern, erwärmt ſich an den darüber befindlichen Rohrbündeln und ſteigt in lotrechten Schloten zu den Unterrichtsräumen empor, wo ſie, etwa $2{,}50$ m über dem Fuſsboden, austritt. Die Abluftſchlote münden durchweg in der Nähe des Fuſsbodens und andererſeits in einem im Dachgeſchoſs befindlichen, aus Holz angefertigten Kanalnetz, welches die Abluft zu einem Dachreiter führt. Die Luftheizung wird im Kellergeſchoſs bedient. Jede Heizkammer enthält zwei Heizkörper, deren Gröſse ſich wie 1 : 2 verhält, ſo daſs man für ſie drei verſchiedene Heizflächengröſsen in Gebrauch nehmen kann. Die feinere Regelung geſchieht durch die am Fuſsende jedes Warmluftſchlotes angebrachte Klappe. Im Kellergrundriſs ſind die zugehörigen Kettenzüge angedeutet. Im Kellergange, unmittelbar an der Heizkammerwand, befinden ſich die Vorrichtungen *A* (Fig. 379) zum Erkennen der Temperaturen, die Stelltafel *B* für die Kettenzüge *C* und die zwei Dampfventile *D*, welche zu den beiden ungleichen Teilen des Heizkammer-Heizkörpers gehören.

Genügt die Luftheizung allein nicht mehr, ſo wird, wie ſchon erwähnt, auch die zweite Hauptdampfleitung in Betrieb geſetzt. — Wie aus dem Grundriſs des Erdgeſchoſſes hervorgeht, ſind in jedem Unterrichtszimmer zwei Heizkörper aufgeſtellt. Derjenige, welcher an der Auſsenwand ſteht, kann vom Lehrer eingeſtellt werden, der andere nur vom Heizer.



frische kalte Luft

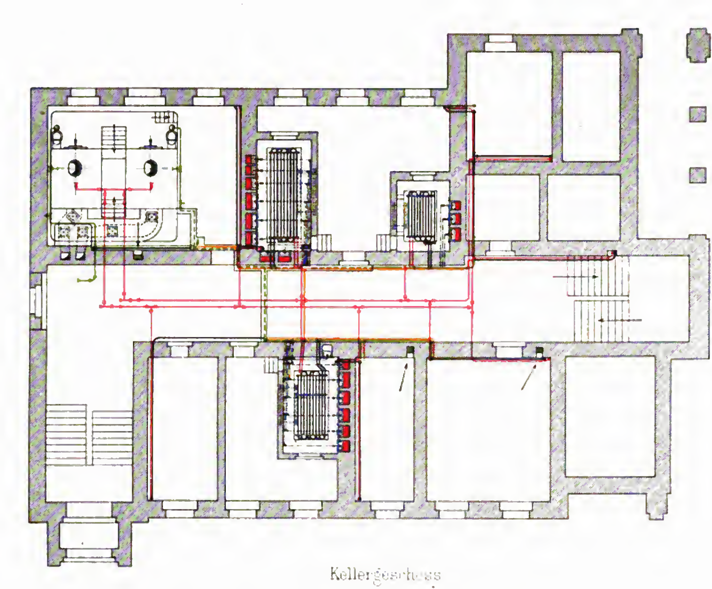


Obergeschoss.

.E zu AKRON, O.

te Staaten.

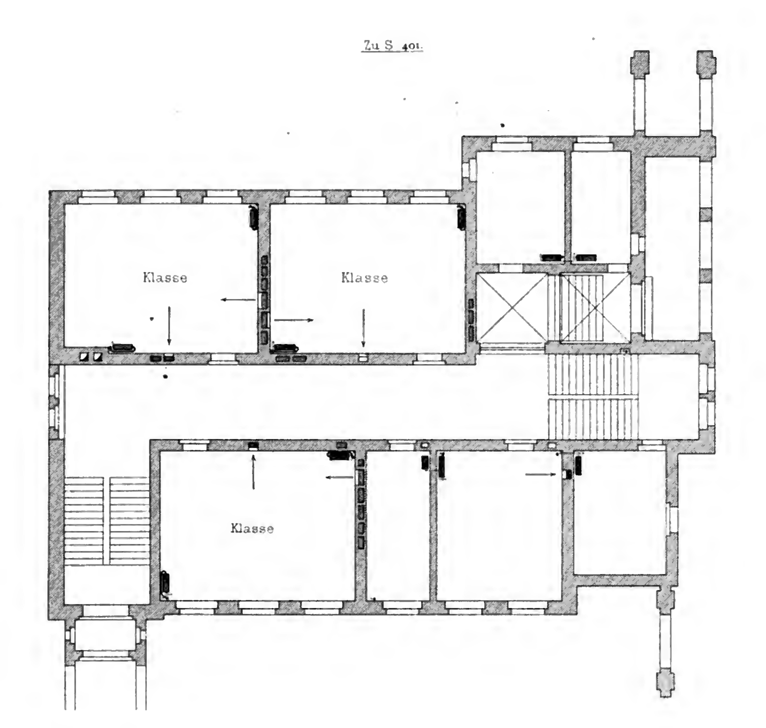
rme Luft Gebrauchte Luft



VOLKSSCHULE zu HANNOVER-HAINHOLZ.

Handbuch d. Arch. III 4 (3. Aufl.)

Zu S. 401.



7 8 9 10 Meter

Luftrohre

D. Wafferverforgung der Gebäude.

In 1. Auflage bearbeitet von † B. SALBACH, in 2. Auflage von Dr. OTTO LUEGER.
Für die vorliegende 3. Auflage umgearbeitet und ergänzt durch die Redaktion.

431.
Allgemeines

Die Befchaffung von Trink- und Nutzwaffer in ausreichender Menge und guter Befchaffenheit ift ohne Ausnahme für jede menfchliche Wohnung Bedürfnis. Wird das Waffer zum Trinken benutzt, fo mufs es nicht blofs wohlfchmeckend, fondern auch gefund fein. Die letztere Eigenfchaft kommt in der Regel nicht jenen — wenn auch wohlfchmeckenden — Waffern zu, welche aus dem verdorbenen Boden alter Städte oder gut bebauter Ländereien ftammen; auch nicht unbedingt jenen, welche aus fcheinbar unverdorbenem Boden gefchöpft werden. Es ift deshalb erftes Erfordernis, vor Benutzung einer vorhandenen Wafferbezugsquelle von zuftändiger Seite — Lebensmittel-Prüfungsftation, Gefundheitsamt u. f. w. — auf Grund chemifcher und mikrofkopifcher Unterfuchung entfcheiden zu laffen, ob das Waffer fich für den häuslichen Gebrauch eignet und ob nach Mafsgabe der Verhältniffe am Entnahmeort auf die Dauer Gewähr für eine gleichbleibend gute Befchaffenheit geboten ift.

Man hat vielfach feftzuftellen gefucht, welche Ergebniffe der chemifchen und hygienifchen Analyfe (Grenzzahlen) von vornherein vorhanden fein follen, um ein Waffer als gefund (gutes Trinkwaffer) bezeichnen zu können. In vielen Fällen wird man jedoch, auch wenn diefe Grenzzahlen überfchritten fein follten, zunächft die gefundheitliche Bedeutung einer folchen Ueberfchreitung zu prüfen und dann erft für Annahme oder Verwerfung des Waffers fich zu entfcheiden haben. Manchmal mufs man fich auch aus äufseren Gründen — weil kein anderes zu haben ift — mit weniger gutem Waffer begnügen.

Die chemifche und hygienifche Analyfe läfst fich nicht gut in eine Schablone zwängen; es ift vielmehr von hohem Werte, wenn Urfachen und Wirkungen etwaiger unerwünfchter, über die üblichen Grenzen hinausgehender Eigenfchaften vom Unterfuchenden im befonderen Falle erforfcht und klargelegt werden[313]. Man wird auf diefe Weife manchmal den Gebrauch eines Waffers noch zuläffig finden, wenn es auch der beftehenden Norm nicht entfpricht. So kann z. B. Waffer aus ftädtifchen Verforgungen (bei Entnahme aus Flüffen mit künftlicher Filtration) oder aus Ziftern u. f. w. durch Trübung äufserlich den Eindruck eines unzuträglichen Waffers hervorrufen, während es tatfächlich keineswegs ungefund und unter Umftänden einem Quellwaffer oder Grundwaffer von tadellofer äufserer Erfcheinung vorzuziehen ift u. f. w. Nach *Kubel*[314]) mufs ein gutes Trinkwaffer folgenden Anforderungen entfprechen:

1) Das Waffer mufs klar, farblos und geruchlos fein.

2) Seine Temperatur darf in verfchiedenen Jahreszeiten nur um 4 bis 6 Grad fchwanken.

---

313) Siehe: WOLFFHÜGEL & TIEMANN. Ueber die hygienifche Bedeutung des Trink- und Nutzwaffers. Journ. f. Gasb. u. Waff. 1883, S. 841.

314) Siehe: KUBEL, W. Anleitung zur Unterfuchung von Waffer etc. 2. Aufl. von F. TIEMANN. Braunfchweig 1874. — Vergl. auch: BOUTRON & BOUDET. *Hydrotimétrie etc.* 7. Aufl. Paris 1882.

3) Das Waffer darf nur wenig Kaliumpermanganat und wenig Silber reduzieren und durchaus keine organifche Materie (mikrofkopifche Pilze u. f. w.) enthalten.
4) Das Waffer darf kein Ammoniak, keine falpetrige Säure und nur geringe Mengen Salpeterfäure enthalten.
5) Das Waffer darf nicht gröfsere Mengen von Chloriden und Sulfaten, namentlich nicht von Kaliumfulfat, enthalten.
6) Das Waffer darf nicht zu hart fein und namentlich nicht gröfsere Mengen von Magnefiumfalzen enthalten.
7) Das Waffer mufs wohlfchmeckend fein, d. h. es mufs gelöfte, fich beim Erhitzen entwickelnde Gafe, befonders Sauerftoff und Kohlenfäure, enthalten.

Als Grenzwerte für die Güte gelten in 100000 Teilen Waffer nach *Kubel*:

50 Teile fefter Rückftand, 0,5 bis 1,5 Teile Salpeterfäure,
18 bis 20 deutfche Härtegrade, 2 bis 3 Teile Chlor,
3 bis 4 Teile organifche Subftanz, 8 bis 10 Teile Schwefelfäure.

Ein Teil Kalk auf 100000 Teile Waffer wird als ein deutfcher Härtegrad bezeichnet. Waffer, deffen Härte nicht über 20 Grad ift, kann noch zu allen technifchen Zwecken verwendet werden; Waffer mit weniger als 10 Härtegraden gilt als weich.

Die Temperatur ift für ein Genufswaffer von hoher Bedeutung, während fie für Nutzwaffer wenig oder gar nicht in Betracht kommt. Unferen Empfindungen entfpricht im allgemeinen beim Trinkwaffer am beften die mittlere Jahrestemperatur, wie fie guten Quellwaffern und Grundwaffern eigentümlich ift; die letzteren eignen fich auch fchon aus diefem Grunde in hervorragender Weife zu Trinkwafferverforgungen.

Als Nutzwaffer darf jedes reine, farb- und geruchlofe und von Krankheitserregern freie Waffer Verwendung finden; je geringer fein Härtegrad ift, umfo beffer wird es feinem Zwecke entfprechen.

Es ift in allen Fällen am angenehmften, wenn fowohl Trinkwaffer als Nutzwaffer einer einzigen Bezugsquelle entnommen werden; unbedingt erforderlich ift dies jedoch nicht. Man findet im Gegenteile fehr häufig fowohl in einzelnen Gebäuden und Gebäudegruppen, als auch bei grofsen ftädtifchen Wafferverforgungen gefonderte Trinkwaffer- und Brauchwafferanlagen.

Alles Waffer hat in mehr oder weniger hohem Grade die Eigenfchaft, Körper, mit welchen es in Berührung kommt (befonders Gafe), aufzulöfen. Sonach wird das in der Natur vorkommende, dem Boden oder der Atmofphäre entftammende Waffer nirgends chemifch rein fein, fondern vielmehr an feinen Beimifchungen erkennen laffen, mit welchen Körpern es fich vor feinem Zutagetreten in Berührung befunden hat. Waffer, welche in Kalkgebirgen gefammelt find, werden hart fein; Waffer aus Gneis, Granit u. f. w. werden geringen Härtegrad, dagegen andere chemifche Beimengungen zeigen u. f. w.[315]). Auch die Leitungen, in welchen das Waffer geführt wird, werden zerfetzt, bezw. angegriffen, befonders metallifche Leitungen und unter diefen vorzugsweife die eifernen.

Unter Umftänden lagert das Waffer einen Teil der von ihm aufgenommenen Stoffe bei längerem Verweilen auf anderen mit ihm in Berührung befindlichen Körpern wieder ab. Die Ablagerungen erfolgen immer, wenn das flüffige Waffer fich in Wafferdampf verwandelt, da die mineralifchen Beimengungen von der Ver-

---

315) Vergl.: DAUBRÉE. *Les eaux fouterraines à l'époque actuelle.* Bd. II, Buch 3. Paris 1887.
BELOHOUBEK, A. Ueber den Einflufs der geologifchen Verhältniffe auf die chemifche Befchaffenheit des Quell- und Brunnenwaffers. Prag 1880.
LUDWIG, H. Die natürlichen Waffer in ihren chemifchen Beziehungen zu Luft und Gefteinen. Erlangen 1872.

dampfung ausgefchloffen find. In den Rohrleitungen bezeichnet man folche Ablagerungen als Inkruftationen; fie find bei Metallrohren am gröfsten, weniger grofs bei hölzernen Leitungen, Tonrohren, Zementrohren u. f. w.

Wenn das flüffige Waffer die fefte Aggregatform erlangt (gefriert), fo vergröfsert es feinen Rauminhalt; befindet es fich während diefer Zuftandsänderung in allfeits gefchloffenen Gefäfsen (Rohren u. f. w.), fo müffen entweder die Wände diefer Gefäfse nachgeben (z. B. Auftreiben bei Bleirohren u. f. w.), oder die Gefäfse zerreifsen.

Die Wafferverforgung einer Gebäudegruppe oder eines Gebäudes wird im allgemeinen entweder eine felbftändige fein oder durch Anfchlufs an eine beftehende Wafferverforgungsanlage erfolgen. Im erften Falle bilden die Arten der Waffergewinnung und -Zuleitung fehr wichtige Teile des ganzen Entwurfes; einfacher und bequemer wird der letztere, wenn eine das Waffer unter Druck abliefernde Anlage zur Verfügung fteht.

Wir werden im folgenden Waffergewinnung und -Zuleitung nur im allgemeinen und in Rückficht auf kleinere Anlagen in Betracht ziehen; auf einige gröfsere Anlagen foll durch Literaturangaben u. f. w. hingewiefen werden.

Literatur

über »Hauswafferleitungen im allgemeinen«.

FROMMANN. Gründlicher Unterricht zur Anlegung von Wafferleitungen. Coblenz 1840.

Diftribution de l'eau dans les habitations. Revue gén. de l'arch. 1855, S. 241, 289.

Diftribution d'eau dans une maifon contenant environ cent locataires. Revue gén. de l'arch. 1855, S. 300.

KÜMMEL. Beiträge zur Conftruction von Wafferanlagen, insbefondere zu häuslichen Zwecken. Mitth. d. Gwbver. für Hannover 1860, S. 255; 1861, S. 6, 71.

GILL. Abbildungen und Erläuterungen von Wafferleitungs-Apparaten im Innern der Häufer und Wohnungen. ROMBERG's Zeitfchr. f. pract. Bauk. 1860, S. 217.

STEGMANN, C. Die Wafferleitungen für das Haus, im Zufammenhang mit den durch fie ermöglichten Anlagen etc. Weimar 1861.

SCHMIDT, E. H. Die Anlage von Kalt- und Warmwafferleitungen in Wohngebäuden. ROMBERG's Zeitfchr. f. pract. Bauk. 1863, S. 47.

Ueber die Anlage der Wafferleitungen für das Haus. HAARMANN's Zeitfchr. f. Bauhdw. 1866, S. 12, 26.

HERMANN. Apparate zur Vertheilung des Waffers in den Städten und zwar auf den Strafsen wie in Wohnungen. Allg. Bauz. 1867, S. 373.

GIRARD, L. D. *Élévations d'eau. Alimentation des villes et diftribution de force à domicile.* Paris 1868.

JOLY, V. CH. *Traité pratique du chauffage, de la ventilation et de la diftribution de l'eau dans les habitations particulières.* Paris 1868.

SALBACH, B. Die Wafferleitung in ihrem Bau und ihrer Verwendung in Wohngebäuden, zu Wafch-, Bade-, Clofet- und Feuerlöfcheinrichtungen, zur Gartenbewäfferung und zu Springbrunnen. Halle 1870. — 2. Aufl. 1870.

STUMPF. Zur Anlage unferer Haus-Wafferleitungen. Deutfche Bauz. 1871, S. 61. Journ. f. Gasb. u. Waff. 1871, S. 649.

BLUM. Einrichtung von Wafferleitungen in Häufern mit Anwendung der Gasmafchine von LANGEN und OTTO. Baugwks.-Ztg. 1871, S. 166.

PÜTSCH. Privat-Wafferleitungen. Baugwks.-Ztg. 1871, S. 308.

Diftribution d'eaux dans les maifons particulières. Revue gén. de l'arch. 1872, S. 61, 115, 151, 217.

Bericht über die Weltausftellung in Philadelphia 1876. Herausgegeben von der öfterr. Commiffion. Heft 17: Heizung, Ventilation und Wafferleitungen. Von L. STROHMAYER. Wien 1877.

Sanitary fcience and practice. Iron, Bd. 10, S. 616.

LÜDICKE, A. Praktifches Handbuch für Kunft-, Bau- und Mafchinenfchloffer. Weimar 1878.

Eine Hauswafferleitung, wie fie nicht fein foll. Rohrleger 1878, S. 124.

Eine Hauswafferleitung, wie fie fein foll. Rohrleger 1878, S. 163, 185.

Diftribution des eaux dans l'intérieur des propriétés particulières. La femaine aes conft., Jahrg. 2, S. 618.

DENTON, J. B. *Houfe fanitation, water fupp.y, and aomeftic filtration etc.* London 1879.

Affainiffement des habitations. Écoulement des eaux ménagères. Revue gén. de l'arch. 1879, S. 257 u. Pl. 11—12.

FATH. *Diftribution des eaux dans les maifons particulières. La femaine des conft.*, Jahrg. 3, S. 8, 618.

WHITE, W. *Domeftic plumbing and water fervice.* London 1880.

OELRICHS, B. Wafferleitungsapparate auf der Berliner Gewerbeausftellung. Wochfchr. d. Ver. deutfch. Ing. 1880, S. 201, 227, 234.

L'eau à volonté. Moniteur des arch. 1880, S. 49, 65, 81.

PARRY, J. *Water: its compofition, collection, and diftribution.* London 1880.

SCHOLTZ, A. Conftruction und Anlage der Gas- und Wafferleitungen in Gebäuden etc. Stuttgart 1881.

DAVIES, P. J. *Practical notes on plumbing. Building news*, Bd. 41, S. 822; Bd. 43, S. 504, 532, 584, 614, 629, 660, 690, 810; Bd. 44, S. 8, 38, 96, 124, 315, 377, 392, 525, 566, 583, 626, 726, 805, 866, 904; Bd. 45, S. 13, 48, 104, 146, 225, 265, 307, 344, 364, 441, 506, 546, 627, 683.

KÖNIG, F. Hauswafferleitungen etc. Leipzig 1882. — 3. Aufl.: Anlage und Ausführung von Wafferleitungen und Wafferwerken etc. 1901.

BENHAM, R. F. *The fupply of water to our homes.* London 1882.

Die Wafferabgabe aus der ftädtifchen Wafferleitung in der königl. Haupt- und Refidenzftadt München. München 1883.

Alimentation d'eau des maifons de campagne et de leurs dépendences. Revue gén. de l'arch. 1883, S. 4, 54; 1885, S. 8; 1886, S. 34.

Unfere Privat-Wafferleitungen. Gefundh.-Ing. 1884, S. 583.

RICH, W. E. *Water fupply to country houfes and ifolated public buildings. The Architect*, Bd. 31, S. 221.

BEIELSTEIN, W. Die Wafferleitung im Wohngebäude etc. Weimar 1885. — 2. Aufl. 1894.

PUTNAM, J. P. *The water-fupply of buildings. American architect*, Bd. 21, S. 39, 99, 123, 183.

Wünfchenswerthe Verbefferungen an unferen Hauswaffer-Leitungen. Gefundh.-Ing. 1883, S. 547.

BORNE, L. *Études pratiques fur la diftribution des eaux. La conftruction moderne*, Jahrg. 7, S. 331.

ASSMANN, G. Die Bewäfferung und Entwäfferung von Grundftücken im Anfchlufs an öffentliche Anlagen diefer Art. München u. Leipzig 1893.

ROECHLING, H. A. Technifche Einrichtungen für Wafferverforgung und Canalifation in Wohnhäufern. Braunfchweig 1895.

OESTEN, G. Ueber Haus-Wafferverforgung. Deutfche Bauz. 1895, S. 2.

Technifche Einrichtungen für Wafferverforgung und Canalifation in Wohnhäufern. Deutfche Viert. f. öff. Gefundheitspfl. 1895, S. 35.

KRASCHUTZKY, F. Die Verforgung von kleineren Städten, Landgemeinden und einzelnen Grundftücken mit gefundem Waffer etc. Hamburg 1896.

DENTON, E. B. *Water fupply and fewerage of country manfions and eftates.* London 1902.

HOPP, A. Haus-Kanalifations- und Haus-Wafferleitungs-Anlagen amerikanifchen Syftems. Leipzig 1903.

KÖNIG, O. Die Wafferverforgung innerhalb der Gebäude und ihrer Grundftücke. Leipzig 1905.

SCHLOTTHAUER, F. Ueber Wafferkraft- und Wafferverforgungsanlagen. Berlin 1906.

Ferner die auf S. 3 namhaft gemachten Zeitfchriften, fowie:

Zeitfchrift für Heizungs-, Lüftungs- und Wafferleitungstechnik. Bearb. von M. KRETSCHMER u. J. H. KLINGER. Halle. Erfcheint feit 1896.

Fachblatt für Gas-, Waffer-, fowie für das gefammte Beleuchtungswefen und Mafchinen-Induftrie. Herausg. von L. CHIBA. Wien. Erfcheint feit 1898.

16. Kapitel.

Wafferbefchaffung.

Kann die zur Verforgung einer Gebäudegruppe oder eines Gebäudes erforderliche Waffermenge einer öffentlichen Leitung entnommen werden, fo befchränkt fich die ganze Anlage zur Waffergewinnung auf die Herftellung eines Anfchluffes von genügender Weite; fofern genug Waffer und ausreichende Preffung in der öffentlichen Leitung vorhanden ift, wird es dadurch möglich, nach Gutfinden jede Waffermenge an beliebiger Stelle abzuzapfen. Reicht die Preffung in der öffentlichen Leitung nicht aus, um das zu verforgende Gebäude unmittelbar zu fpeifen, fo ift es in manchen Fällen möglich, diefe Preffung durch geeignete Einrichtungen, von denen noch fpäter die Rede fein wird, zu vergröfsern. Meift mufs aber zu künftlicher Hebung des Waffers gegriffen werden. In der Regel wird in diefem Falle zwifchen der Hebeeinrichtung und der öffentlichen Leitung ein Wafferbehälter eingefchaltet, in den zunächft das Waffer der letzteren einfliefst; feltener wird der Bedarf durch die Pumpe ohne weiteres aus den Rohren der öffentlichen Leitung abgefaugt.

432. Wafferbedarf.

Vor allem hängt die Gröfse des Wafferbedarfes davon ab:

1) ob das verbrauchte Waffer mit Leichtigkeit vom Grundftück abgeleitet werden kann;
2) ob — bei Entnahme aus vorhandenen Anlagen — der zu bezahlende Preis für das Waffer im Verhältnis zum Verbrauche wächft oder ob eine Paufchalfumme bezahlt wird, für welche eine beliebige Wafferbenutzung erlaubt ift;
3) ob — bei eigener Waffergewinnung — gröfsere Waffermengen leicht erhältlich find oder ob die Lage des Grundftückes nur eine befchränkte Zufuhr geftattet.

Je nach dem Zutreffen der einen oder anderen diefer Vorbedingungen läfst fich, wenn im übrigen die mit Waffer zu verforgenden Perfonen und Gegenftände bekannt find, unter Zugrundelegung der Normalzahlen oder durch unmittelbare Auswertung der Wafferbedarf ermitteln. Zunächft ift anzunehmen, dafs bei unbefchränkter Abgabe des Waffers und bei beftehender Entwäfferung in dem zu verforgenden Grundftück die verbrauchte Gefamtwaffermenge das Anderthalbfache bis Dreifache beträgt derjenigen gegenüber, wenn die Bezahlung des Waffers nach den Angaben eines Waffermeffers ftattfindet.

Ohne Rückficht hierauf hat eine vom »Deutfchen Verein der Gas- und Wafferfachmänner« niedergefetzte Kommiffion im Jahre 1884 folgende Einheiten vorgefchlagen:

a) Privatgebrauch.

1) Gebrauchwaffer in Wohnftätten für den Kopf der Bevölkerung und für den Tag:	
α) zum Trinken, Kochen, Reinigen u. f. w.	20 bis 30 Liter,
β) zur Wäfche	10 bis 15 »
2) Abortfpülung, einmalig	5 bis 6 »
3) Piffoirfpülung:	
α) unterbrochen (intermittierend) für den Stand und die Stunde	30 »
β) ftändig (kontinuierlich) für 1 m Spülrohr und 1 Stunde	200 »
4) Bäder:	
α) ein Wannenbad	350 »
β) ein Sitzbad	30 »
γ) einmalige Braufe oder Strahldufche	20 bis 30 »

5) Gartenbeſprengung an einem trockenen Tage für 1^{qm} einmal beſprengter Fläche	1,5	Liter
6) Hofbegieſsung desgl. für 1^{qm}	1,5	„
7) Bürgerſteig-(Trottoir-)Begieſsung desgl. für 1^{qm}	1,5	„
8) Ein Pferd tränken und reinigen, ohne Stallreinigung, für 1 Tag	50	„
9) Ein Stück Hornvieh tränken und reinigen ohne Stallreinigung, für 1 Tag:		
α) Groſsvieh	50	„
β) Kleinvieh	10	„
(ein Kalb 8^{l}, ein Schaf 8^{l}, ein Schwein 13^{l})		
10) Ein Wagen zur Perſonenbeförderung, Reinigung für 1 Tag	200	„

b) Verbrauch öffentlicher Anſtalten.

1) Schulen für den Schüler und den Schultag, ohne Zerſtäubung für Luftbefeuchtung	2	„
2) Kaſernen:		
α) für den Mann und den Verpflegungstag	20	„
β) für ein Pferd	40	„
3) Kranken- und Verſorgungshäuſer für den Kopf und den Verpflegungstag	100 bis 150	„
4) Gaſthöfe für den Kopf und den Verpflegungstag	100	„
5) Badeanſtalten mit nur Wannen- und Brauſebädern für ein abgegebenes Bad	500	„
6) Waſchanſtalten für 100^{kg} Wäſche	400	„
7) Schlachthäuſer für 1 Jahr und für 1 Stück geſchlachtetes Vieh	300 bis 400	„
8) Markthallen für 1^{qm} überbaute Fläche und 1 Markttag	5	„
9) Eichamt für 1 Jahr und für 1^{cbm} geeichten Holzgefäſses	1100	„
10) Bahnhöfe, Speiſewaſſer für Lokomotiven für 1 Stück und 1 Tag	6000 bis 8000	„

c) Gemeindezwecke.

1) Straſsenbeſprengung für 1^{qm} einmal beſprengter Fläche:		
α) gepflaſterte Straſsen	1	„
β) chauſſierte Straſsen	1,5	„
2) Oeffentliche Gartenanlagen an einem trockenen Tage für 1^{qm} einmal begoſſener Fläche	1,5	„
3) Oeffentliche Brunnen ohne ſtändigen Auslauf für 1 Auslauftag	3000	„
4) Oeffentliche Piſſoire:		
α) unterbrochene (intermittierende) Spülung für den Stand und die Stunde	60	„
β) ſtändige (kontinuierliche) Spülung für 1^{m} Spülrohr und für 1 Stunde	200	„

Zugefügt mag hier werden, daſs ſtändiglaufende Brunnen, wie ſie in Gebirgsgegenden noch ſehr häufig angewendet werden, in der Regel für jedes Auslaufrohr 10000 bis 15000^{l} Waſſer in 24 Stunden verbrauchen und dabei einen gewöhnlichen Waſſerkübel in ca. 5 Minuten füllen.

d) Gewerbe.

Brauereien, Geſamtverbrauch während eines Jahres für 1^{hl} gebrauten Bieres ohne Eisbereitung	500	„
Zuzufügen wäre hier:		
Verbrauch an Keſſelſpeiſewaſſer für ſtehende Dampfmaſchinen ohne Kondenſation für 1 Stunde und 1 Pferdeſtärke	20 bis 30	„

Ermittelt man bei umfangreicheren Waſſerverſorgungen (unter Anwendung von Waſſermeſſern verſorgt) den mittleren Tagesverbrauch für 1 Einwohner, ſo erhält man folgende Zahlen:

a) auf dem Lande . . . . 45 bis 50 Liter,
b) in Städten bis zu 5000 Einwohnern . 50 » 60 » ,
c) in gröfseren Städten . . . . 60 » 100 » ,

wobei nicht nur das dem gewöhnlichen Hausverbrauch entfprechende Waffer, fondern auch das Waffer für Begiefsen von Strafsen und Gärten, das Spülen der Kanäle, die Kleingewerbe u. f. w. inbegriffen ift. Nicht inbegriffen in den angegebenen Zahlen ift dagegen ein etwaiger Verbrauch für Springbrunnen und Zierbrunnen aller Art, fowie für ftändiglaufende öffentliche Brunnen, gröfsere Fabriken und fonftige in grofsen Mengen wafferverzehrende Anlagen.

433. Tages- und Stundenverbrauch.

Die vorftehend genannten Zahlen (von welchen bei unbefchränkter Wafferabgabe das $1\frac{1}{2}$- bis 3fache zu nehmen ift) find dadurch erhalten, dafs der gefamte Jahresverbrauch V durch 365 dividiert wurde. Unter den 365 Tagen des Jahres ift jedoch einer, an welchem mehr Waffer verbraucht wird als an allen übrigen Tagen des Jahres, und unter den 24 Stunden, welche diefer Tag des gröfsten Tagesverbrauches hat, ift wieder eine, innerhalb welcher mehr verbraucht wird als in jeder der übrigen 23 Stunden. Es gibt alfo einen gröfsten Tagesverbrauch und einen gröfsten Stundenverbrauch. Nach vielfach gemachten Erfahrungen pflegt man den gröfsten Tagesverbrauch gleich dem anderthalbfachen durchfchnittlichen Tagesverbrauche zu fetzen; der gröfste Stundenverbrauch an dem Tage, an welchem der gröfste Wafferverbrauch ftattfindet, beträgt fodann ca. 8 Vomhundert des letzteren.

Nimmt man an, dafs innerhalb diefer Stunde der Verbrauch gleichmäfsig ftattfinde, fo mufs bei einer Wafferleitung ohne Ausgleichbehälter der Zuflufs allein diefen Verbrauch decken können. Bezeichnet daher V den Gefamtverbrauch an Waffer in einem ganzen Jahre, fo ift

1) der mittlere Tagesverbrauch $V_t = \frac{V}{365} = 0{,}0027\ V$;

2) der gröfste Tagesverbrauch $V_t\ max = 1{,}5\ V_t = 0{,}0041\ V$, und

3) der gröfste Stundenverbrauch am Tage des gröfsten Tagesverbrauches:

$$V_s\ max = 0{,}08 \cdot 1{,}5\ V_t\ max = 0{,}00032\ V.$$

Wird die Zuleitung unmittelbar von den Quellen oder von einem öffentlichen Rohrftrange gefpeift, fo mufs fie den unter 3 beftimmten Verbrauch befriedigen können; fie mufs deshalb für die Zufuhr einer fekundlichen Waffermenge von

$$Q_{max} = \frac{V_s\ max}{60 \cdot 60} = 0{,}000000091\ V$$

berechnet werden.

Ift in der zu verforgenden Anlage ein Wafferbehälter vorhanden, welcher die Verbrauchsfchwankungen während eines Tages ausgleicht, fo genügt es, wenn am Tage des gröfsten Verbrauches die Zuleitung eine fekundliche Waffermenge liefert von

$$Q_r = \frac{1{,}5\ V_t}{24 \cdot 60 \cdot 60} = 0{,}000000048\ V.$$

Diefe Mafse find beftimmend für die Lichtweiten der Zuleitungen.

Nimmt man ferner, wie üblich, die Durchflufsgefchwindigkeiten in den Rohren nicht gröfser als 1 m in der Sekunde an, fo berechnet fich, wenn V (in Kub.-Meter) und die Lichtweite des Rohres D (in Metern) ausgedrückt wird, die letztere

α) bei einer Zuleitung ohne Wafferbehälter:

$$D_{max} = 0{,}00034\ V^{\frac{1}{2}};$$

β) bei einer Zuleitung mit Wafferbehälter:

$$D_r = 0{,}00025\ V^{\frac{1}{2}}.$$

Mufs das Waffer künftlich gehoben werden, fo ift den Verbrauchsfchwankungen während eines Tages Rechnung zu tragen. Ein Ausgleichbehälter (Refervoir) ift

alsdann unerläfslich. Der Wafferverbrauch in Hundertfätzen des täglichen Gefamtbedarfes beträgt:

Zeit			Wert	
6—7	Uhr	Morgens	3,73	Vomhundert
7—8	»	»	5,21	»
8—9	»	»	6,19	»
9—10	»	»	6,44	»
10—11	»	»	7,08	»
11—12	»	»	7,76	»
12—1	»	Nachmittags	5,99	»
1—2	»	»	5,95	»
2—3	»	»	6,39	»
3—4	Uhr	Nachmittags	7,86	Vomhundert
4—5	»	»	5,21	»
5—6	»	»	6,28	»
6—7	»	Abends	3,66	»
7—8	»	»	5,01	»
8—9	»	»	3,05	»
9 bis 6	»	» Morgens	14,15	»

Wenn nur etwa 10 Stunden oder noch weniger im Tage Waffer gefördert wird, fo mufs der Wafferbehälter fo grofs fein, um in den Stunden, in welchen die Förderung unterbrochen ift, die Verforgung übernehmen zu können. Mindeftens follte ein derartiger Wafferbehälter fo grofs gemacht werden, dafs er den vierten Teil des gröfsten Tagesverbrauches aufzunehmen vermag.

Selbftverftändlich follen die feither angegebenen Zahlen nur allgemeine Anhaltspunkte liefern; im einzelnen Falle werden befondere Erwägungen nicht zu umgehen fein; auch ift bei der Bedarfsrechnung das Ueberwaffer in Betracht zu ziehen. Wird das Waffer nicht einer öffentlichen Leitung entnommen oder durch künftliche Hebung gefördert, fondern von Quellen bezogen, fo müffen die letzteren den Verbrauch am Tage des gröfsten Bedarfes befriedigen können; an allen übrigen Tagen des Jahres wird fich fodann Ueberwaffer ergeben, und man mufs fich deshalb hüten, das Quellenergebnis mit dem Werte V unferer Rechnung zu verwechfeln[316]. Nennt man das Quellenergebnis M, die Menge des Ueberlaufwaffers während eines Jahres U, fo ift

$$M = V + U \quad \text{und} \quad V = M - U,$$

d. h. ein Quellenergebnis ift unzureichend, wenn es nur den Jahresbedarf V liefert. Nach anderwärts gemachten Erfahrungen ift U ungefähr $0{,}3\ M$, alfo

$$M = V + 0{,}3\ M = 1{,}43\ V,$$

d. h. die Quellen müffen etwa 40 Vomhundert mehr liefern als den Jahresbedarf, wenn nicht am Tage des gröfsten Verbrauches Waffermangel eintreten foll; vorausgefetzt ift, dafs ein Wafferbehälter vorhanden ift, welcher die Verbrauchsfchwankungen während 24 Stunden ausgleicht.

Zum Schluffe fei noch hervorgehoben, dafs eine zu hohe Schätzung des Wafferverbrauches zwar wirtfchaftliche Nachteile im Gefolge hat, dafs aber diefe Nachteile ganz aufser Verhältnis ftehen zu den nachteiligen Folgen einer zu geringen Verbrauchsabfchätzung und daraus hervorgehenden unbefriedigenden Verforgung. Bis zu einem gewiffen Grade wird man auch der Zukunft Rechnung tragen, bezw. auf bevorftehende Erweiterungen der Verforgungsanlage, der Einwohnerzahl u. f. w. Rückficht nehmen müffen. Nach diefer Richtung hin genügt es indeffen, wenn für ein Jahrzehnt vorgeforgt wird.

434.
Auffuchen
des
Waffers.

Die auf die Erdoberfläche gelangenden meteorifchen Niederfchläge verfickern teilweife in den Boden; teils verdunften fie, oder fie bewegen fich über dem Boden weg nach den offenen Ablaufgerinnen — den Bächen, Flüffen, Strömen und Seen. Die in den Boden verfickernden Waffer fetzen darin, foweit fie flüffig bleiben, ihre Bewegung fort; als folche heifst man fie Grundwafferftrömungen, und den Boden, welchen fie durchftrömen, Grundwafferträger.

316) Siehe: LUEGER, O. Die Wafferverforgung der Stadt Lahr. Lahr 1884.

Dieser Boden muſs notwendigerweise gröſsere oder kleinere kapillare und nichtkapillare Zwischenräume haben, welche mit Waſſer erfüllt ſind. Je gröſser die Zahl der nichtkapillaren Zwiſchenräume und ihr Ausmaſs, umſo leichter bewegt ſich das Waſſer und umgekehrt; je nach Beſchaffenheit des Grundwaſſerträgers wird deshalb — unter ſonſt gleichen Umſtänden — der eine viel, der andere wenig Grundwaſſer zu führen vermögen. Bodenarten, welche wenig oder gar kein Grundwaſſer durchlaſſen, heiſsen undurchläſſig. Sind undurchläſſige Bodenarten von leicht durchläſſigen überlagert, ſo bilden die erſteren eine unterirdiſche Waſſerſcheide, und die allgemeine Neigung dieſer Waſſerſcheide beſtimmt die Richtung des Grundwaſſerſtromes; an jenen Stellen, an welchen die Waſſerſcheide zu Tage ſteht und eine tiefſte Lage zeigt, treten die Grundwaſſer als Quellen hervor.

Da ſich dieſe Waſſer vor ihrem Zutagetreten meiſt ſehr lange unter dem Boden aufgehalten haben und ſich auſserordentlich langſam bewegten, ſo iſt das zu Tage tretende Waſſer meiſt glanzhell und hat die mittlere Wärme der Bodentiefe, aus welcher es hervorkommt.

Durch Zwiſchenlagerungen, Klüfte und Gebirgsſpalten wird im übrigen der unterirdiſche Lauf des Waſſers ſehr erheblich beeinfluſst. Iſt die undurchläſſige Gebirgsart zerriſſen, ſo verſinkt ein Teil oder alles bis zum Riſſe gelangte Waſſer nach anderen Richtungen u. ſ. w., und auf dieſe Weiſe können die mannigfachſten Ausfluſsverhältniſſe auf gleicher Grundlage entſtehen [317]).

Die wenigſten Grundwaſſerſtrömungen verlaufen derart, daſs wir ihren Wiederaustritt aus dem Boden als Quellen ohne weiteres zu ſehen vermögen; weitaus der gröſste Teil aller Grundwaſſer ergieſst ſich unbemerkt in die Flüſſe, die Seen und das Meer. Die Tatſache des Vorhandenſeins ſolcher Strömungen iſt daran erkennbar, daſs die von ihnen geſpeiſten offenen Waſſerläufe auch nach langer Trockenheit noch Waſſer führen, d. h. nie verſiegen; umgekehrt iſt ein nie verſiegender offener Waſſerlauf ſtets ein Beweis für das Vorhandenſein von Grundwaſſerſtrömungen.

Nimmt in trockenen Zeiten ein Waſſerlauf zwiſchen zwei Stellen um eine nachweisbare Menge zu, ohne daſs zwiſchen dieſen Stellen Tagwaſſer eintreten, ſo kann die Zunahme nur durch den Eintritt von Grundwaſſer bewirkt ſein. In dieſem Umſtande liegt deshalb ein ſehr beachtenswerter Fingerzeig fur die zum Aufſchlieſsen von Grundwaſſer geeigneten Orte.

Es iſt ſelbſtverſtändlich, daſs ein Grundwaſſerſtrom nie mehr Waſſer führen kann, als die meteoriſchen Niederſchläge in ſeinem Infiltrationsgebiete liefern. Das Infiltrationsgebiet iſt nicht zu verwechſeln mit dem topographiſchen Niederſchlagsgebiete; das erſtere iſt von der oberirdiſchen, das letztere von der unterirdiſchen Waſſerſcheide umrahmt. Die wagrechte Projektion der Oberfläche des Infiltrationsgebietes und die darauf ſtehende Kultur ſind neben der Durchläſſigkeit des Gebirges für die Gröſse der in den Boden gelangenden Verſickerung ausſchlaggebend, welche ſtets nur ein Bruchteil der auf das Gebiet fallenden Regenmenge iſt. Man darf es als eine ziemlich ſichere Erfahrung anſehen, daſs unter den günſtigſten Verhältniſſen im Quadr.-Kilometer Infiltrationsgebiet und im ſüddeutſchen Gebirgslande höchſtens ca. 7 Sekundenliter Grundwaſſer erzeugt werden; in Mitteldeutſchland und Norddeutſchland, entſprechend den geringeren meteoriſchen Niederſchlägen, erheblich weniger. Im allgemeinen wird man gut tun, etwaige Annäherungsrechnungen höchſtens mit der Hälfte oder dem dritten Teile dieſer Ziffer anzuſtellen.

Iſt das Infiltrationsgebiet undurchläſſig (Gneis, Granit, Porphyr, Ton, Konglomerate u. ſ. w.), ſo kann weder ein irgendwie belangreicher Grundwaſſerſtrom, noch eine gröſsere Quelle entſtehen, mag das Flächenmaſs des Gebietes auch noch ſo groſs ſein; in ſolchen Gebieten ſind es meiſtens zerſtreute kleinere oder gröſsere Fetzen von Alluvialabdeckungen des Gebirges, aus welchen ſich wenige, ſpärlich flieſsende Quellen ernähren. Bäche und Flüſſe — ſofern ſie in dieſen Gebieten ihren Urſprung haben — verſiegen in der trockenen Jahreszeit nahezu oder ganz.

---

[317]) Siehe: Lueger. Vertheilung des Waſſers, insbeſondere des Quellwaſſers auf dem Feſtlande. Journ. f. Gasb u Waſſ. 1881, S. 427.

Die einem Grundwafferftrome zufliefsende Waffermenge hängt alfo von der Niederfchlagshöhe und der Gebirgsbefchaffenheit ab. Die Nachhaltigkeit, mit welcher ein derartiger Strom Waffer abgeben kann, ift wefentlich beftimmt durch die Gröfse des vorhandenen Grundwafferbehälters — durch den Rauminhalt aller kapillaren und nichtkapillaren Zwifchenräume im Grundwafferträger, foweit diefe mit Waffer erfüllt find. Ift diefer Rauminhalt fehr grofs, fo vermag die aufgefpeicherte Waffermenge ohne Zuflufs von aufsen den Abflufs umfo länger und umfo gleichmäfsiger zu erhalten, je geringer die fekundliche Abflufsmenge ift; der Vorrat an Waffer wird deshalb hier in trockenen Zeiten niemals erfchöpft; die Ungleichheiten zwifchen Zuflufs und Abflufs werden ftets ausgeglichen werden. Ift der Grundwafferbehälter klein, oder ift ein verhältnismäfsig grofser Abflufs vorhanden, fo werden fich die im Boden verwahrten Vorräte rafch erfchöpfen; die Ergiebigkeit des Abfluffes wird deshalb nach langer Trockenheit bedeutend nachlaffen.

Diefer Umftand ift für das Verfahren bei Quellenfaffungen aufserordentlich wichtig. Man kann durch Störungen in den Abflufsverhältniffen hier fehr unerwünfchte Aenderungen hervorrufen. Vermehrt man z. B. durch Vergröfsern der Ausflufsöffnung einer Quelle ihre Ergiebigkeit, fo entleert fich der Grundwafferbehälter leichter und rafcher als vorher. Ift er alfo nicht fehr grofs, fo erhält man zwar zunächft viel mehr, dagegen fpäter und insbefondere in trockenen Zeiten erheblich weniger Waffer und kann durch fortgefetzte Erweiterungen die Quelle fo weit bringen, dafs fie nur noch mit dem Regen geht. Derartige Erfahrungen rechtfertigen das bekannte Mifstrauen der Landbevölkerung gegen manche »quellenauffchliefsende Ingenieure«.

Da die Abflufsverhältniffe des Grundwaffers ähnliche find wie jene des Oberflächenwaffers, fo werden im allgemeinen die erhältlichen Waffermengen aus Grundwaffer (Quellen) gegen die Täler hin zunehmen.

Der fcheinbar gröfsere Wafferreichtum an den Gebirgshängen verführt fehr häufig zu falfchen Schlüffen; man mufs umfo vorfichtiger in der Annahme gröfserer Quellenergiebigkeit fein, je höher man im Gebirge auffteigt; denn es vermindert fich nicht blofs das Infiltrationsgebiet und die Gröfse des Grundwafferbehälters mit zunehmender Höhe fehr wefentlich, fondern es erleichtern fich auch die Abflufsverhältniffe für das Grundwaffer durch das vorhandene ftärkere Gefälle in den die Bodenoberfläche bedeckenden Trümmern der Gebirge. In den Tälern, insbefondere in den Alluvionen der Flufsgebiete, ift ftets Grundwaffer erhältlich, wenn die dafelbft fliefsenden Bäche und Flüffe nie austrocknen und vorausgefetzt, dafs ihr Waffer nicht lediglich aus weiter oben gelegenen Gebieten ftammt; verfiegen dagegen in den flachen Tälern die offenen Wafferläufe, fo ift zunächft die Urfache diefes Verfiegens zu erforfchen. Meiftens erfolgt das Verfiegen, weil undurchläffiges Gebirge vorliegt, alfo kein gröfserer Grundwafferbehälter vorhanden ift; in folchen Fällen findet man, wenn überhaupt, nur ganz wenig fog. Sickerwaffer durch Brunnengrabungen. Man mufs fich in diefen Gebieten mit Zifternen behelfen. Das Verfiegen kann aber auch erfolgen, wenn das Gebirge fehr viele nichtkapillare Zwifchenräume enthält und die undurchläffige Schicht fehr tief unter der Bodenoberfläche liegt; in diefen Fällen ift ein nur zeitweife verdeckter Grundwafferftrom vorhanden, welcher durch Anlage von Tiefbrunnen erfchloffen werden kann.

Die Beurteilung eines Gebietes hinfichtlich feiner Fähigkeit, Waffer zu liefern, ift insbefondere dann, wenn es fich um gröfsere Mengen handelt, keineswegs einfach, und Ungeübte können hier fehr fchwere Mifsgriffe begehen. Es empfiehlt fich daher in allen nicht ganz klar liegenden Fällen zunächft, neben einer gründlichen geognoftifchen Geländeunterfuchung, der Beirat eines tüchtigen Sachverftändigen — wozu felbftverftändlich die auf Wafferfuchen reifenden Männer mit der Wünfchelrute nicht gehören.

Auch fei noch davor gewarnt, fich ohne gründliche eigene Unterfuchung auf das Urteil von fog. Geländekundigen über Quellen und ihre Ergiebigkeit zu verlaffen; wenn man fich nicht fchweren Enttäufchungen ausfetzen will, darf man folchen

Angaben höchftens als allgemeine Orientierung Wert beilegen — dagegen niemals als quantitative Orientierung.

435. Auffangen von Regenwaffer.

Das einfachfte Mittel zur Wafferbefchaffung ift das Auffangen von Regenwaffer. Es wird in allen Fällen angewendet werden müffen, in welchen weder offene Wafferläufe, noch Grundwaffer (Quellen) zur Verfugung ftehen. Das Regenwaffer leitet man in der Regel von Dächern, Höfen oder fonftigen begrenzten Flächen in offene Gefäfse oder Teiche oder nach gefchloffenen Behältern, den fog. Zifternen; diefe Gefäfse dienen als Klärbecken, aus welchen das Waffer entnommen wird. Vervollkommnet find fodann jene Anordnungen, bei welchen das vom Regen gelieferte und über Dachflächen oder Geländeftreifen u. f. w. gefammelte Waffer zunächft über eine Filterfchicht geführt und, nachdem es in diefe eingedrungen, ihr durch Drainage wieder in geklärtem Zuftande entzogen wird.

Die Regenfäffer, welche auch in manchen fonft gut mit Waffer verfehenen Grundftücken häufig angetroffen werden, find hölzerne Tonnen von der bekannten Konftruktion eines gewöhnlichen Weinfaffes; das darin gefammelte Waffer ift meift weniger zum Trinken, als zum Wafchen (wegen feines geringen Härtegrades) beftimmt. Können Regenfäffer oder flache hölzerne Wafferbehälter auf dem Dachboden aufgeftellt werden, fo fällt für den Gebrauch die künftliche Hebung weg, und die Verteilung innerhalb des Grundftückes kann nach Belieben durch Rohrleitungen erfolgen. Ueberlauf und Leerlauf werden hier in einfachfter Weife angebracht; auch werden felten Pumpen aufgeftellt; die Hebung erfolgt von Hand.

436. Zifternen.

Ueberwölbte Zifternen werden am beften in den Höfen der Gebäude untergebracht; manchmal findet man fie auch im Kellergefchofs der Gebäude angeordnet, welche Lage fich jedoch für die Befchaffenheit des Waffers als unvorteilhaft erweift. Die dumpfe Kellerluft verbeffert die Güte des Waffers nicht, und es ift ftets Gefahr vorhanden, dafs die Grundmauern der Gebäude durch die Zifternen feucht werden. Geftattet es die Lage, fo wird eine Zifterne vorteilhaft auf einer benachbarten Anhöhe untergebracht und von dort her das Waffer unter natürlichem Drucke beigeleitet [318]).

In Fig. 380 ift die gewöhnliche Einrichtung einer gemauerten Zifterne dargeftellt.

Auf der Sohle der Zifterne befindet fich, nach Art eines Filters geordnet, Kies und Sand, fo dafs die grobe Kiesfchicht zuunterft liegt, nach oben gefolgt von nufsgrofsen bis erbfengrofsen Geröllen, welche von Sand bedeckt find. Die Zifterne foll fo tief unter der Erdoberfläche liegen, dafs die Temperatur des darin aufgefpeicherten Waffers weder durch den Froft, noch durch die Sonnenwärme nachteilig verändert wird; deshalb ift eine Erdüberfchüttung von mindeftens 60 cm über dem Scheitel des Deckengewölbes erforderlich. Die äufsere Wölbfläche foll eine Mörtel- oder Afphaltdecke erhalten, um das Eindringen von Sickerwaffer zu verhindern.

Nach Erfahrungszahlen kommen von der auf die der Zifternenfpeifung dienftbare Fläche F fallenden Regenmenge ca. 70 Vomhundert in die Zifterne. Ift h die jährliche Regenhöhe, fo ift das zur Speifung verfügbare Waffer

$$R = 0{,}7\, F h$$

(in Kub.-Meter, wenn F in Quadr.-Meter und h in Meter ausgedrückt wird).

Nimmt man gleichmäfsigen Wafferverbrauch während des ganzen Jahres an und fetzt den ungünftigen Fall zweimonatlicher Trockenheit voraus, fo mufs der Rauminhalt der Zifterne mindeftens

$$V = \frac{2\,Q}{12} = 0{,}12\, F h$$

[318]) Siehe: FINETTI, J. v. Cifternen. Studien über deren rationelle Anlage etc. Zeitfchr. d. öft. Ing.- u. Arch.-Ver. 1884, S. 59; 1885, S. 62. (Mit ziemlich vollftändigen Literaturangaben.)

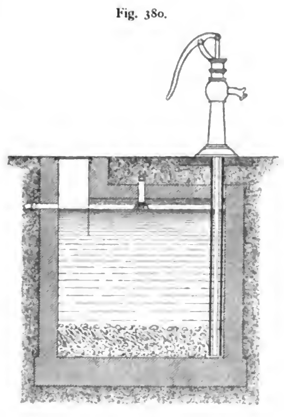


Fig. 380.

Zifterne. — 1/60 w. Gr.

betragen, wenn während der Trockenperiode kein Waffermangel eintreten foll. Dabei ift vorausgefetzt, dafs die Zifterne bei Beginn der Trockenperiode gefüllt war. In Rückficht darauf, dafs dies meift fehr unwahrfcheinlich ift, ift ratfam, $V = 0{,}2\, F h$ anzunehmen.

Der Wafferftand innerhalb der Zifterne darf die Kämpferhöhe des Deckengewölbes nicht überfteigen, was durch ein Ueberlaufrohr verhindert wird.

Das Niederfchlagwaffer gelangt von den Dachflächen durch die Regenfallrohre nach abwärts und alsdann entweder unmittelbar oder mittels einer gufseifernen Rohrleitung in die Zifterne. Da das Waffer die von den Dachflächen, in den Dachrinnen u. f. w. fortgefchwemmten Staub- und Schmutzteile mit fich führt, fo fchalte man entweder am Fufspunkte der Abfallrohre oder am Eintritt des Waffers in die Zifterne oder an einer geeigneten Stelle der Rohrleitung einen Schlammfang ein, worin das Waffer zur Ruhe kommen und einen grofsen Teil feiner Verunreinigungen ablagern kann. Es find auch fchon Vorrichtungen erfonnen worden, durch welche auf mechanifchem Wege das unreine Waffer, welches während der erften Zeit eines Regenfalles vom Dache herabfliefst, vom fpäter folgenden reinen Waffer getrennt wird. *Roberts'* fog. »Separator« ift in England viel in Anwendung[319]).

Tunlichfte Wafferdichtheit ift bei einer Zifterne das konftruktive Haupterfordernis; deshalb ift eine wafferdichte Herftellung der Umfaffungsmauern (am beften fcharfgebrannte Backfteine in Zementmörtel oder Zementbeton) und der Sohle (Betonfchicht mit doppelter, in Zementmörtel gelegter Backfteinflachfchicht) unbedingt notwendig. Ein hartgefchliffener Zementputz der Innenwandungen und das Ausfugen der inneren Wölbfläche mit Zementmörtel follen niemals fehlen; die Aufsenwandungen find, um das Einfickern fremden Waffers zu verhüten, forgfältig zu verfugen und mit einem Beftich zu verfehen[320]).

437. Venezianifche Zifternen.

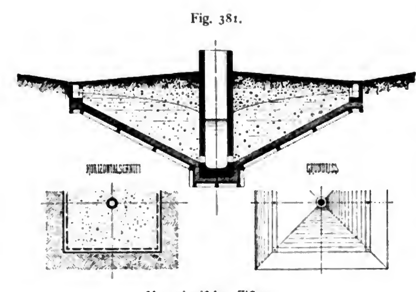
In der fog. venezianifchen Zifterne wird das Meteorwaffer im Sande aufbewahrt und ift fodann reiner und frifcher als jenes aus Zifternen der eben befchriebenen Art; in Fig. 381 ift eine derartige Zifterne dargeftellt.

An geeigneter Stelle wird in Form einer auf ihrer Spitze ftehenden Pyramide eine Baugrube angelegt, welche an ihrer tiefften Stelle ca. 8 m unter Bodenfläche mifst. Die Grundfläche der Pyramide kann eine beliebige Form haben; ein Quadrat wird fich jedoch hierfür am beften eignen. An der Pyramidenfpitze wird ein grofser Steinblock (Betonklotz) eingelaffen, der, in der Mitte keffelförmig ausgehöhlt, dazu dient, das Fundament für einen Brunnen zu bilden, welcher darauf aufgemauert und etwa 70 bis 80 cm über Bodenhöhe hochgeführt wird. An der Stelle, an welcher der Brunnen auf dem Unterlagfteine ruht, wird im Mauerwerk des Brunnens eine Reihe enger Schlitze von ca. 20 bis 30 cm Höhe ausgefpart. Die Seitenflächen der in den Boden eingegrabenen Pyramide werden durch eine Lage von hölzernen Rippen verfpannt; auf diefe Rippen wird eine rauhe Bretterfchalung genagelt, letztere feft hinterftampft und hieraus ein gutgekneteter, mit ca. 40 Vomhundert Sand vermifchter Tonfchlag in einer Stärke von 15 bis 30 cm aufgebracht (beffer, aber teuerer, ift eine Lage guten Betons). Zwifchen diefem Tonfchlage und dem über dem Unterlagfteine gemauerten Zylinder befindet fich nun ein freier Raum, welcher in der

319) Siehe über diefe Vorrichtung: *Builder*, Bd. 47, S. 774; Bd. 50, S. 559; Bd. 52, S. 884. — *Building news*, Bd. 46, S. 202; Bd. 50, S. 452; Bd. 52, S. 635. — Gefundh.-Ing. 1885, S. 203.

320) Siehe auch: HERZBERG, A. Zur Verwendung des Regenwaffers. Deutfche Bauz. 1896, S. 418.

Fig. 381.



Venezianifche Zifterne.
$^1/_{150}$, bezw. $^1/_{450}$ w. Gr.

unterften Lage, foweit die Schlitze im Mauerwerk reichen, mit gröberem Kies und von dort ab aufwärts (nach Art eines Filters im Korn allmählich abnehmend) mit Sand gefüllt wird. Längs der vier Seiten der Grundfläche wird ein Kanal geführt, welcher gegen das Innere der Pyramide durch Schlitze Verbindung erhält; der Kanal ift gedeckt und hat an den vier Ecken der Pyramide Einfallfchächte (bei grofsen Pyramiden mehr). Vom Brunnen aus ftellt man gegen die Kanäle eine Abdachung her, ebenfo vom Aufsenrande der Auffangefläche. Das Sandbett wird fich nun durch die meteorifchen Niederfchläge nach und nach mit Waffer anfüllen; es werden etwa 25 bis 40 Vomhundert (bezogen auf die ganze Sandmenge) Waffer in den nichtkapillaren Zwifchenräumen des Sandes Platz haben. Die Kanäle find mit wegnehmbaren Steinplatten abzudecken, erhalten an den Einfallfchächten Sturzgitter und folche Gröfsenabmeffungen, dafs fie einen während 24 Stunden fallenden gröfsten Niederfchlag von der ganzen dienftbar gemachten Auffangefläche zu bergen vermögen. Die Kanäle müffen von Zeit zu Zeit leicht gereinigt werden können.

Das Waffer der Zifterne kann aus dem Brunnenfchachte entweder durch Abpumpen entnommen oder mit einer dafelbft beginnenden Leitung nach irgend einer tiefergelegenen Stelle geführt und dort abgezapft werden.

Bei einer geringften jährlichen Regenhöhe von ca. 60 cm liefert im deutfchen und ähnlichen Klima:

eine Sandpyramide von 5 m Seitenlänge der quadratifchen Grundfläche
365 Tage lang täglich 30 l,

eine Sandpyramide von 10 m Seitenlänge der quadratifchen Grundfläche
365 Tage lang täglich 110 l u. f. w.

Gebraucht man die Anlage nur die Hälfte des Jahres, fo liefert fie das Doppelte u. f. w.

Derartige Anlagen fchützen das eindringende Meteorwaffer vor Verderbnis und find fehr zweckmäfsig bei hochgelegenen Wohnplätzen, zu welchen die Wafferzufuhr grofse Koften bereiten würde[321]).

438.
Nachahmung natürlicher Quellen.

In gröfserem Mafsftabe kann durch das Aufbringen von Sanden und Geröllen über einer allfeitig gefchloffenen undurchläffigen Schicht der Regen unterirdifch gefammelt werden, indem man künftlich die gleichen Verhältniffe herftellt, welche dem Entftehen der Quellen zu Grunde liegen. Solche unterirdifche Wafferanfammlungen werden fodann durch eine auf der undurchlaffenden Schicht aufliegende Drainage für den Gebrauch dienftbar gemacht.

439.
Sammelteiche.

Aufser den vorgeführten Verfahren der Waffergewinnung ift noch jenes mit Hilfe von Sammelteichen zu gedenken, eines Verforgungsfyftems, welches fich namentlich in England ausgebildet und deshalb auch die Bezeichnung »englifches Syftem« erhalten hat. Durch Abfchliefsen eines hierzu geeigneten Tales mittels eines quergeftellten Dammes oder einer Mauer wird ein Behälter gebildet, in welchem fich der oberflächlich abfliefsende Teil der auf das betreffende Gebiet niederfallenden meteorifchen Niederfchläge, das Tauwaffer des Schnees, das Waffer aus natürlichen Quellen u. f. w. anfammeln.

321) Siehe auch: Ueber die Anlage von Ciftернen. Baugwks.-Ztg. 1883, S. 816.
DETAIN, C. *Conftruction des citernes. La femaine des conft.*, Jahrg. 10, S. 424, 434.
CITERNAUX. *La femaine des conft.*, Jahrg. 10, S. 460.

Grundbedingungen für derartige Wafferbehälter find undurchläffige Sohle und Seitenwände, d. h. Undurchläffigkeit des Gebirges, in welchem fie angelegt werden. Befteht diefes Gebirge aus feftem Geftein, fo ift ftets eine Mauer als Abfchlufs notwendig; ift die Unterlage eine tonige, fo ift ein Erddamm angezeigt. Eine gleichzeitige Anwendung von Mauerwerk und Erdfchüttung ift in allen Fällen bedenklich, weil ein inniger Verband fich nicht herftellen läfst, alfo Durchfickerungen unvermeidlich find.

440. Faffung fichtbarer Quellen.

Eine Quelle liefert zu Tage tretendes Grundwaffer; fie mufs, wenn fie keine Tagwafferzuflüffe hat, vor allen Dingen jederzeit ganz klares Waffer führen. Quellen, welche zeitweife trübes Waffer liefern, werden fich nur dann zur Wafferverforgung eignen, wenn fich die Urfache der Trübung entfernen läfst; die letztere zu erforfchen, ift daher die erfte Aufgabe des die Faffung der Quelle leitenden Technikers. Ift diefe Urfache erkannt und übt fie ihren Einflufs nicht im ganzen Quellengebiete aus, fo kann das gute Quellwaffer vom Tagwaffer gefondert werden.

Wefentlich ift hier das Gefüge des Bodens, in welchem die Quelle entfteht, und die Tiefe unter der Bodenoberfläche, in welcher fich die Verfickerungen zu Quellenfäden fammeln. Im Sandboden wird das eingefickerte Waffer, wenn es nur einen ganz kurzen Weg bis zur undurchläffigen Schicht durchläuft, alsbald von allen Unreinigkeiten befreit. Befteht der Boden aus Fels, fo hat er Spalten und Klüfte; das in diefe Zwifchenräume rafch hinabfinkende Meteorwaffer wird deshalb nur dann klar über der undurchläffigen Schicht zu Tage treten, wenn es über letzterer einen fehr langfamen Lauf hat und lange verweilt. Der auf der Bodenoberfläche vorhandene Pflanzenwuchs übt ferner einen fehr wefentlichen Einflufs aus. Bemoofte Waldflächen, Wiefen mit guter Grasnarbe u. f. w. laffen das Meteorwaffer nahezu ganz hell in den Boden abfinken; auf Böden ohne jeglichen Pflanzenwuchs werden die Regenfälle Erde auflöfen, trübe in die Unterlage finken und, befonders bei lange anhaltenden Einfickerungen, auch trübe Quellwaffer erzeugen, fofern fie während des Durchlaufens durch den Untergrund nicht ausreichend Gelegenheit hatten, alle aufgenommenen Beftandteile abzulagern.

Eine gute Quelle darf in der Temperatur des gelieferten Waffers keine grofsen Schwankungen zeigen und mufs nachhaltig fein, d. h. fie darf nach langer Trockenheit nicht verfiegen. Vollkommen gleichmäfsige Quellen gibt es nicht; nicht einmal die aus fehr grofsen Tiefen kommenden Thermalquellen zeigen eine gleichmäfsige Ergiebigkeit. Man darf deshalb bei Beurteilung einer Quelle die auf Anfrage bei den Ortskundigen meift mit gutem Gewiffen gegebene Antwort: »Die Quelle läuft das ganze Jahr über gleichmäfsig«, nie fo benutzen, dafs man eine gleichbleibende Ergiebigkeit vorausfetzt. Diefe fchwankt vielmehr, je nach Höhenlage und dienftbarem Grundwafferbehälter der Quelle, meift fehr bedeutend; auch bei guten Gebirgsquellen finkt die Ergiebigkeit in ganz trockenen Zeiten und in einem dem füddeutfchen entfprechenden Klima auf die Hälfte bis ein Drittel der Mittelwaffermenge[322]).

Die Grundwafferausläufe zeigen umfo gröfsere Schwankungen, je leichter das Waffer aus dem die undurchläffige Schicht überlagernden poröfen Gebirge abfliefsen kann und umgekehrt. Wenn nämlich die aus anhaltender Bodenbenetzung eindringenden Waffer rafch zu dem mit den Ausläufen in Verbindung ftehenden Spaltenfyftem gelangen, fo werden fie auch in kurzer Zeit nach Aufhören der Oberflächenbenetzung ablaufen, und bei eintretender Trockenheit wird der im Boden angefammelte Vorrat nur gering fein, weil fich das Waffer im Spaltenfyftem nicht angeftaut hat und infolgedeffen nur geringe Maffen des Gebirges mit Waffer gefättigt werden konnten. Diefes rafche Vorwärtsfliefsen ift aber nur bei einem verhältnismäfsig weiten Spaltenfyftem möglich. Sind dagegen die Wege, welche zu den Quellen führen und die Grundwafferausläufe ermöglichen, eng, fo wird jener Teil der im Boden verbleibenden Einfickerung, welcher bei reichlichem Zufluffe von oben nicht abzulaufen vermochte, die poröfen Gebirgsmaffen (fowohl in den kapillaren, wie in den nichtkapillaren Zwifchenräumen) mit Waffer fättigen und fo die Vorräte anfammeln, deren allmählicher Abflufs in trockenen Zeiten das Fortbeftehen der Quellen fichert.

[322]) Siehe: DAUBRÉE, A. *Les eaux fouterraines à l'époque actuelle.* Bd. 1 Paris 1887.

Unter fonft gleichen Umftänden nimmt die Nachhaltigkeit der Grundwafferausläufe zu, je tiefer die Grundwafferwelle unter der Bodenoberfläche liegt und je fchwieriger die Verfickerung den Weg von der Geländeoberfläche bis zur Grundwafferwelle zurückzulegen vermag. Berückfichtigt man nämlich, dafs unter Nachhaltigkeit das Verhalten der Grundwafferausläufe nach eingetretener Trockenheit verftanden werden mufs, fo wird es begreiflich, dafs die von der letzten Oberflächenbenetzung herrührenden Einfickerungen umfo langfamer an der Quelle wieder erfcheinen werden, je mehr Zeit fie zum Abfinken auf die Grundwafferwelle gebraucht haben; eine auch länger dauernde Trockenheit wird in folchem Falle das Ergebnis der Quelle nicht mehr fo rafch zu verringern vermögen, weil noch lange Zeit nach dem letzten Regenfalle Verfickerungen unterwegs find, um den Grundwafferftrom zu fpeifen.

Selbftverftändlich üben im übrigen die Schwankungen des Oberflächenftandes der Grundwafferwelle im Inneren des Gebirges auch einen Einflufs auf das Ergebnis der Quelle aus. Diefer Einflufs ift gering, wenn fich die Schwankungen innerhalb enger Grenzen bewegen, und der Grundwafferausflufs kann in diefem Falle als nahezu gleichbleibend angefehen werden; der Einflufs wird auch dann nicht fehr belangreich, wenn die Grundwafferwelle erhebliche Unterfchiede zwifchen dem höchften und tiefften Stande zeigt. Während in umgekehrter Weife fich der Einflufs der Länge des Ablaufkanals geltend macht, wächft die Gröfse der Ausflufsmenge, bezw. das rafche Entleeren des Grundwafferbehälters aufserordentlich mit dem Erweitern des Ablaufkanals.

Nur in ganz feltenen Fällen gelingt es, bei einer Quelle durch die vorzunehmenden Faffungsarbeiten die Waffermenge dauernd zu erhöhen; immerhin ift dies jedoch möglich. Wenn z. B. eine Quelle in einer Schutthalde zu Tage tritt, durch welche ihr eigentlicher Urfprung an der Steinfcheide verdeckt ift, fo geht in der Regel nicht alles Waffer mit dem Quellenlaufe; fondern es verfinkt auch ein Teil in die Halde, welcher durch Vortreiben der Auffchlufsarbeiten bis zur Steinfcheide dienftbar gemacht werden kann. Speift ein mächtiger Quellwafferftrom mehrere Quellen, wie dies nicht gerade felten ift, fo kann das Vortreiben und Tieferlegen eines einzelnen Auslaufes fein Ergebnis auf Koften der anderen dauernd vermehren u. f. w.

Hat dagegen eine Quelle ein für fich abgegrenztes Infiltrationsgebiet und einen befonderen Grundwafferbehälter, fo mufs eine Störung des Gleichgewichtes durch Erweitern der Auslauföffnung tunlichft vermieden werden[323]). Sie wird nicht gerade fchädlich wirken, wenn die Auslaufkanäle vom Urfprunge auf eine grofse Strecke rückwärts eng find und auch bleiben. Geradezu vernichtend dagegen können die fog. Auffchlufsarbeiten auf das Ergebnis der Quelle wirken, wenn ihr ftetiger Auslauf einer aufftauenden Gebirgsvorlage zu verdanken war, die durch diefe Arbeiten weggeräumt wird.

Man hat in diefem Falle künftlich einen weiten Auslauf gefchaffen; die von der Bodenoberfläche eindringenden Verfickerungen erreichen den neuen Auslauf mit verhältnismäfsig grofser Gefchwindigkeit; das Füllen des Grundwafferbehälters tritt nicht mehr oder nur noch in geringem Mafse ein; die Quelle liegt bei längerdauerndem Regenmangel trocken und trübt fich nach anhaltend grofsen Niederfchlägen; auch wird fie fich in der rauhen Jahreszeit kalt, in der warmen warm zeigen u. f. w.

In folchen Fällen liefert meiftens einige Zeit nach dem Fertigftellen der Arbeiten (bis der Grundwafferbehälter ausgelaufen ift) die Quelle erheblich mehr wie früher; erft fpäter zeigen fich die obenangeführten Mifsftände und verderben dann fehr die Freude an der erhofften Waffervermehrung. Da es auch fehr fchwer fällt, den früheren Zuftand durch Abtragen der Bauten u. f. w. wieder herzuftellen, fo ift dringend anzuraten, die Herkunft jeder Quelle und ihre geognoftifche Umrahmung, fowie ihren Zufammenhang mit benachbarten Quellen zu ftudieren, ehe man »Auffchlufsarbeiten« vornimmt.

441. Brunnenftuben.

Will man eine Quelle für die Verforgung eines Gebäudes oder einer Gebäudegruppe benutzen, fo hat man zwei Hauptbedingungen zu erfüllen:

[323]) Siehe: Wiens Wafferverforgung. Wochfchr. d. niederöft. Gwbe.-Vereins 1885, S. 172.

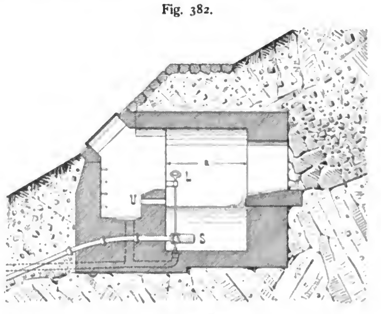
1) man mufs die Quelle vor Trübungen und vor äufserlichen Verunreinigungen fchützen, ebenfo vor Froft und Hitze;

2) man mufs ihren Urfprung zugänglich machen.

Beiden Bedingungen entfpricht man mit den fog. Brunnenftuben, bei grofsartigen Anlagen auch Wafferfchlöffer [324]) genannt.

Befindet fich die Quelle an einem Abhange, fo ift es meift möglich, eine Zugänglichkeit in der in Fig. 382 u. 383 dargeftellten Weife zu ermöglichen. Erfüllt man dabei die Bedingungen, über dem Scheitel des Brunnenftubengewölbes noch ca. 1,20 m Deckung zu geben und eine bequeme Einfteigöffnung zu fchaffen, fo ift damit den Bedingungen 1 und 2 Genüge geleiftet.

Fig. 382.



Einfache Brunnenftube.
1/100 w. Gr.

In Fig. 382 ift eine einfache Brunnenftube dargeftellt.

Zugänglich ift fie durch eine fchrägliegende, zweiflügelige Tür. Man gelangt durch die letztere in einen Einfteigefchacht und kann von hier aus den Wafferbehälter und die Quelle erreichen. Der befondere Einfteigefchacht ift entwäffert und nötig, um alle von aufsen beigetragenen Unreinigkeiten, Tagwaffer u. f. w. abzuhalten; in ihn mündet auch der Ueberlauf *U* von der Quelle. Ein vom Einfteigefchacht, bezw. von der zwifchen diefem und der Brunnenkammer liegenden Brücke aus ziehbarer Leerlauf *L* geftattet eine Entwäfferung und Reinigung; die Zuleitung beginnt in der Brunnenkammer mit dem Seiher *S*. Ueberläufe und Leerläufe find in Rohren zufammengeführt. Zwifchen Einfteigefchacht und Brunnenkammer kann nach Bedarf eine zweite Tür eingefchaltet werden. Die Lüftung erfolgt durch die fchrägen Falltüren in genügend wirkfamer Weife.

Fig. 383.

Einfache Brunnenftube.
1/250 w. Gr.

Führt das Waffer der Quelle Sand (was insbefondere bei Quellen aus Buntfandftein oder aus Alluvionen häufig der Fall), fo ift ein genügend grofser Behälter zum Ablagern diefes Sandes erforderlich. Man entfpricht diefer Bedingung durch Vergröfserung der Abmeffung *a* in Fig. 382.

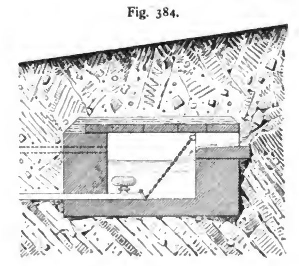
Geftatten es die Verhältniffe nicht, diefe Brunnenftuben einzufchneiden, fo kann durch etwas gröfsere Anfchüttung die zum Schutze gegen Froft und Hitze erforderliche Deckung erreicht werden (Fig. 383).

Sehr zu beachten ift in allen Fällen, dafs die zur Abdeckung verwendete Erde fo dicht fein mufs, um alles unmittelbare Eindringen von Tagwaffer zur Quelle zu hindern. Der hierzu am meiften geeignete Boden ift bindiger (toniger) Grubenkies und Grubenfand; gänzlich ungeeignet ift Schotter.

---

[324]) Siehe: Stadler, R. Die Wafferverforgung der Stadt Wien. Wien 1873. S. 242, 244.

Fig. 384.



Einfachfte Brunnenftube.
$^1/_{100}$ w. Gr.

Ift eine Quelle derart rein, dafs weder das Einfchwemmen von Sand, noch das Ablagern von Schlamm zu befürchten ift, und will man mit dem geringften Aufwande von Koften die Quellenfaffung vollziehen, fo gefchieht es, wie in Fig. 384 dargeftellt.

Zuleitung und Leerlauf find hier in der Annahme vereinigt, dafs bei der äufserft felten vorkommenden Reinigung der Brunnenftube diefes Zufammenlegen keinerlei Bedenken hat. Soll ausnahmsweife eine Reinigung der Brunnenftube erfolgen, fo mufs aufgegraben werden. Die etwa 0,70 m breite und 1,50 bis 2,00 m lange Brunnenftube ift mit Steinplatten oder Betonplatten gedeckt und diefe Deckung mit einer Lettenfchicht überzogen. Die Lüftung erfolgt in genügender Weife durch das Ueberlaufrohr; die Koften einer folchen Anlage find verhältnismäfsig klein.

Bei diefen Bauwerken ift angenommen, dafs die Quelle, fo wie fie ift, gefafst wird, alfo ohne Auffchlufsarbeiten. Man hat in diefem Falle den Quellenort fauber von allem Pflanzenwuchs u. f. w. zu räumen und mufs, foweit der Schlitz für den Quelleneinlauf reicht, groben Kies und Schotter auflegen; von diefem wird dann allmählich (wie bei einem Filter) der Uebergang zur bündigen Abdeckung hergeftellt.

Von der Herftellung von Auffchlufsarbeiten foll in Art. 443 ff. abgehandelt werden.

Intermittierende Quellen, d. h. folche, welche zeitweife verfiegen, find nur dann für eine Wafferverforgung brauchbar, wenn ein genügend grofser Ausgleichbehälter hergeftellt wird, der in der Zeit, in welcher der Zuflufs ausbleibt, die Bedürfniffe befriedigt. Solche Behälter find entweder als Sandanhäufungen (wie bei den venezianifchen Brunnen) oder, wenn das Waffer rein ift, wie gewöhnliche Wafferbehälter (fiehe Art. 463 ff.) zu behandeln.

Jede Quelle follte vor ihrer Benutzung mindeftens ein Jahr lang genauen Meffungen unterzogen werden, wenn nicht von vornherein feftfteht, dafs ihre Ergiebigkeit in allen Fällen ausreichend ift.

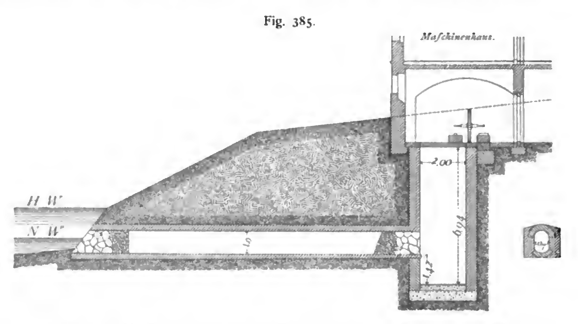
442.
Wafferentnahme aus offenen Gewäffern.

Für einzelne Gebäude und für Gebäudegruppen wird das Waffer bisweilen auch aus dem nächftgelegenen Fluffe oder einem anderen offenen Wafferlaufe bezogen. Man kann in einem folchen Falle das Saugrohr der Wafferhebemafchine unmittelbar in den Flufs fetzen; alsdann wird es an der Mündung mit einem fiebartigen, am beften aus Kupfer angefertigten Saugkorb verfehen. Beffer ift es, die Saugrohrmündung durch einen gemauerten, oben offenen Kaften vor Befchädigungen zu fchützen. Indes ift es in den meiften Fällen vorzuziehen, im Gebäude felbft oder auf dem dazu gehörigen Grundftück einen brunnenartigen Schacht herzuftellen und diefen durch eine Rohrleitung, einen gemauerten Kanal oder einen Stollen mit dem Flufs in Verbindung zu fetzen; das Waffer ift alsdann aus diefem Schacht zu pumpen (Fig. 385).

Die Rohrleitung, bezw. der Kanal oder der Stollen mufs fo tief angelegt werden, dafs auch bei niedrigftem Wafferftande der Brunnenfchacht noch mit Waffer verfehen wird. Man gibt diefer Zuleitung ein Gefälle von etwa $^1/_{100}$ nach dem Schacht hin und legt die Sohle des letzteren um 1,50 bis 3,00 m tiefer als die Einmündung der erfteren; der untere Teil des Schachtes dient dann als Schlammfang und mufs von Zeit zu Zeit gereinigt werden. Mantel und Sohle des Brunnenfchachtes müffen wafferundurchläffig fein; die Sohle wird deshalb am beften durch eine Schicht Beton gebildet.

Obwohl man immer bemüht fein wird, das Waffer an einer Stelle zu entnehmen, wo es möglichft rein ift, fo wird man doch ftets Vorkehrungen zu treffen haben, um das Eintreten von feften Stoffen in die Zuleitung zu verhüten; man hat deshalb ihre Ausmündung in den Flufs zum mindeften mit einem engmafchigen Gitter oder einem Sieb zu verwahren. Führt das Flufswaffer viele feine Sinkftoffe mit fich, fo empfiehlt es fich, im Kanal oder Stollen lotrechte Filter-

Fig. 385.



Wafferverforgung der Männerftrafanftalt zu Pilfen aus dem Radbuza-Flufs.
1/200 w. Gr.

fchichten, aus groberem Stein- und feinerem Kiesmaterial beftehend, anzuordnen (Fig. 385). In manchen Fällen genügt eine derartige Reinigung nicht; man mufs befondere Filterbecken anlegen und in diefen das Waffer von den feinen, mechanifch beigemengten Stoffen befreien; erforderlichenfalls kann auch eine chemifche Reinigung ftattfinden.

Bei Wafferentnahme aus gröfseren Flüffen, welche während ihres Laufes fchon viele menfchliche Wohnftätten berührt und dabei allerlei Verunreinigungen erfahren haben, ift zur Erreichung eines reinen Waffers künftliche Filtration unerläfslich. Dabei kann es fich felbftverftändlich nur um das Entfernen der mechanifchen Beimengungen handeln; insbefondere fei hier erwähnt, dafs nach eingehenden Verfuchen die Sandfiltration keineswegs die kleinen krankheiterregenden Mikroben zurückzuhalten im ftande ift.

Das Entfernen der mechanifchen Beimengungen kann auf zwei Arten gefchehen:

a) entweder durch längeres ruhiges Stehenlaffen des Waffers in befonderen Becken (Baffins), Ablagerungs- oder Klärbecken genannt, wodurch die gröberen Verunreinigungen auf dem Boden des Beckens fich ablagern, oder

b) mittels Filtration des Waffers durch Sandfchichten, welch letztere die Beimengungen auf ihrer Oberfläche zurückhalten und auf diefe Weife eine vollftändige Klärung des Waffers herbeiführen.

Je nach der Befchaffenheit des Waffers und feinen Verwendungszwecken wird man das eine oder das andere Reinigungsverfahren oder auch beide vereinigt zur Anwendung bringen [325]). Die Dauer der Klärung richtet fich wiederum nach der Menge und Befchaffenheit der Verunreinigungen, hauptfächlich nach ihrem Vermögen, fich fchneller oder langfamer als Bodenfatz abzufcheiden.

[325]) Siehe: Kirkwood, J. P. Filtration des Flufswaffers. Hamburg 1876

Grahn, E. & F. A. Meyer. Reifebericht über künftliche und centrale Sandfiltration. Hamburg 1877.

Die Ablagerungsbecken können gleichzeitig den Zweck von Vorratsbehältern erfüllen und erhalten dann eine diesem Zwecke entsprechende Gröfse. Ihre Herstellung kann in einfacher Teichform mit Erdböschungen geschehen; sie können jedoch auch mit gemauerten Seitenwänden oder gepflasterter Sohle und ebensolchen Seitenböschungen ausgeführt werden, was von den Geländeverhältnissen und der Bodenbeschaffenheit abhängt.

Die Filter bestehen in der Hauptsache aus gemauerten oder mit abgepflastertem Boden und ebensolchen Böschungen versehenen Becken, welche mit Filtermaterial bis etwa zur halben Höhe angefüllt sind. Das Filterbett besteht in seiner obersten Lage aus einer 0,60 bis 1,00 m starken Sandschicht (von 1/3 bis höchstens 1 mm Korn), welche die eigentliche Abklärung bewirkt und in deren oberstem Teile nahezu alle mechanischen Beimengungen des Wassers beim Durchflufs zurückbleiben. Die unter dem Sande in zunehmender Korngröfse lagernden Kiesschichten haben hauptsächlich den Zweck, der Sandschicht eine gute Unterlage zu schaffen und dem filtrierten Wasser den Eintritt in die darunter befindlichen Sammelkanäle zu erleichtern. Das Reinigen eines Filters geschieht durch Entfernen der obersten verunreinigten Sandschicht in der Stärke von 20 bis 40 mm, welche dann entweder gewaschen und wieder aufgebracht oder durch neues Material ersetzt wird; die tiefergehenden Verunreinigungen machen erst nach einer Reihe von Jahren das Erneuern, bezw. Reinigen des ganzen Filters nötig.

Die Wassermenge, welche man in einem Tage wirksam zu filtrieren im stande ist, wird von der Menge und Beschaffenheit der im Wasser enthaltenen Verunreinigungen, von der Länge der Betriebsdauer des Filters und von der Feinheit (dem Korn) des Filtersandes abhängen. Für mittlere Verhältnisse rechnet man 1,50 bis 3,00 cbm filtriertes Wasser für 1 qm Filterfläche und für 24 Stunden; dabei ist zu beachten, dafs eine langsamere Filtration die wirksamere ist. Die durch fortgesetzten Betrieb auf der Sandfläche abgelagerten Rückstände erschweren mit der Zeit das Durchsickern derart, dafs selbst beim höchsten zulässigen Ueberdrucke von 1 m (Höhenunterschied der Wasserspiegel vor und nach der Filtration) die erforderliche Wassermenge nicht mehr zum Durchflufs gelangt. Alsdann mufs das Filter entweder entleert und gereinigt oder, indem man Wasser durch das Filter in entgegengesetzter Richtung aufsteigen läfst, die Schmutzdecke gehoben und wieder durchlässiger gemacht werden. Letzteres Verfahren empfiehlt sich dann, wenn infolge der Feinheit des Filtersandes die Verschlämmung des Filters schon nach kurzer Betriebszeit eintritt. Sämtliche Klär- und Filteranlagen sind aufser dem Zu- und Ablauf mit Ueberlauf- und Entleerungsleitungen zu versehen.

Die Filtration mittels Sand in dazu bestimmten Behältern kommt nicht nur für städtische Wasserversorgungen im grofsen zur Anwendung, sondern wird auch in kleinerem Mafsstabe für einzelne Gebäude und Gebäudegruppen durchgeführt, welche, wie z. B. häufig Badeanstalten u. s. w., ihr Wasser unmittelbar aus dem nächstgelegenen Flusse beziehen.

Bei günstiger Beschaffenheit der Ufer an offenen Gewässern, insbesondere, wenn der Untergrund aus Kies und Sand besteht, gelingt es sehr häufig, durch Anlage von Filtergalerien dem Ufer entlang das Wasser durch natürliche Filtration zu reinigen. Man wählt in solchem Falle die zur Flufsachse konvexen Ufer, weil an diesen bei hohen Wasserständen etwa von früher aufgelagerter Schlamm abgespült, vom Flusse weggeführt und durch reineres Material ersetzt wird.

Eine chemische Reinigung des Wassers zu Wasserleitungszwecken an seiner Bezugsquelle wird nur in ganz besonderen Fällen vorgenommen werden, z. B. bei Färbung des Wassers durch organische Stoffe, wie dies bei Wassern aus Torfgegenden häufig der Fall. Hier genügt — nachdem das Wasser genügend filtriert ist — ein geringer Alaunzusatz, um die Farbstoffe auszuscheiden. Andere Mittel für chemische Reinigung, als da sind: plastische Kohle, Eisenschwamm u. s. w., kommen meist nur bei der Hausfiltration zur Anwendung und werden in Art. 481 abgehandelt.

Wasser aus Seen und gröfseren Teichen kann, wenn in genügender Tiefe unter dem Wasserspiegel (10 bis 20 m) entnommen, ohne künstliche Filtration unmittelbar verwendet werden; es ist in der Regel sehr gut, auch hell und zeigt in der angegebenen Tiefenlage keine erheblichen Temperaturschwankungen.

Die Städte Zürich und Genf beziehen schon lange (die letztere Stadt seit mehreren Jahrhunderten) Trink- und Brauchwasser aus den nahegelegenen Seen. Genaue chemische und mikroskopische Untersuchungen von Seewasser, welche in beiden Städten vorgenommen wurden,

haben erwiefen, dafs das Waffer vor allen anderen in der Nähe und in genügenden Mengen erhältlichen den Vorzug verdient[326]).

443. Faffung verdeckter Wafferläufe.

Handelt es fich darum, einen nicht zutagetretenden, aber durch verfchiedene Kennzeichen ermittelten Grundwafferftrom für die Wafferverforgung von Gebäuden oder Gebäudegruppen dienftbar zu machen[327]), fo bedient man fich zu diefem Zwecke entweder der lotrechten Brunnen oder der wagrechten Sammelanlagen, unter Umftänden auch einer gemeinfamen Verwendung beider. Bei Entnahme aus Grundwafferftrömungen, wie fie in den Alluvionen der deutfchen Flufsgebiete fehr häufig angetroffen werden[328]), ift die Anwendung lotrechter Brunnen faft ausnahmslos üblich. Handelt es fich dagegen um Faffung ausgedehnter Wafferftrömungen über undurchläffigen Schichten im feften Gebirge, fo ift das Abfaffen der verfügbaren Grundwaffer meift vollkommener und leichter mit wagrechten, bezw. der Lage der undurchläffigen Schicht folgenden Sammelanlagen durchführbar.

444. Brunnen.

Unter den lotrechten Brunnen find die bekannteften jene kreisrunden gemauerten Schächte, welche auf ca. 1,50 bis 2,00 m Tiefe in das Grundwaffer abgefenkt werden. Die innere Weite diefer Brunnen beträgt meiftens 1 m und darüber; keinesfalls follte fie weniger als 0,80 m betragen. Sie werden entweder auf einem hölzernen, am unteren Ende mit fchmiedeeifernem Schuh verfehenen Kranze oder Rofte (Schling) oder, bei gröfseren Lichtweiten, auf fchmiedeeifernem, mit Beton ausgegoffenem Rofte (Fig. 386) wafferdicht oder mit offenen Fugen aufgemauert, je nachdem man das Untergrundwaffer nur aus der Sohle oder aus Sohle und Umfaffungswand in den Schacht eintreten laffen will.

Fig. 386.



Brunnenkränze.
1/40 w. Gr.

Die Lichtweite des Brunnens übt einen geringeren Einflufs auf die Waffergiebigkeit aus, als man in der Regel annimmt[329]). Wenn z. B. in bekanntem Grundwafferträger ein Brunnen von 3 m Weite 40 Sekundenliter Waffer bei 2 m Abfenkung des Wafferfpiegels ergibt, fo liefert im gleichen Träger bei gleicher Abfenkung und unter fonft gleichen Umftänden ein 1 m weiter Brunnen nach theoretifchen Ermittelungen 33 Sekundenliter, alfo nur ca. 18 Vomhundert weniger u. f. w. Innerhalb enger Grenzen wird man deshalb mit Vergröfserung der Lichtweite meift wenig erreichen; dagegen vermehren fich die Koften der Ausführung mit Zunahme der Lichtweite fehr bedeutend, und dies ift der Grund, weshalb in neuerer Zeit, insbefondere wenn es fich um Wafferentnahme aus grofsen Tiefen handelt, gröfsere gemauerte Brunnen wenig mehr zur Anwendung gelangen. Sie werden durch eine Reihe im Kreife geftellter kleiner Brunnen erfetzt. Bei geringen Abfenkungstiefen find fie dagegen heute noch das einfachfte und dauerhaftefte Mittel zur Waffergewinnung.

Die Verfenkung diefer Brunnen erfolgt entweder durch Ausgraben unter dem Rofte, wobei das Brunnenmauerwerk befchwert und dadurch das Einfinken des Brunnens bewirkt wird (während des Ausgrabens mufs in diefem Falle das Waffer fortgepumpt werden); oder man bewirkt eine Unterhöhlung unter dem Rofte mit der Baggerfchaufel, der Sandpumpe, dem Sackbohrer u. f. w.[330]).

In den Brunnen mündet das Saugrohr der Pumpenanlage.

[326]) Siehe: HAHN, CH. *Études fur les principales eaux potables du canton de Genève.* Genf 1883.
Die Wafferverforgung von Zürich und ihr Zufammenhang mit der Typhus-Epidemie des Jahres 1884. Zürich 1885.

[327]) Siehe: DUPUIT, J. *Traité de la conduite et de la diftribution des eaux.* 2. Aufl. Paris 1865. S. 27.

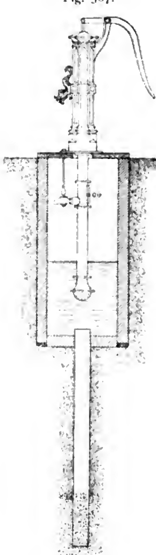
[328]) Siehe: LUEGER, O. Theorie der Bewegung des Grundwaffers in den Alluvionen der Flufsgebiete. Stuttgart 1883.

[329]) Siehe: FORCHHEIMER, PH. Ueber die Ergiebigkeit von Brunnen-Anlagen und Sickerfchlitzen. Zeitfchr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1886, S. 539.

[330]) Siehe hierüber das in Teil III, Bd. 1 (Abt. II: Fundamente) diefes »Handbuches« Gefagte.

445.
Rohrbrunnen

Fig. 387.



Rohrbrunnen mit Saugſchacht.
1/60 w. Gr.

In neuerer Zeit wird häufig von einer Mauerung des Brunnens ganz abgeſehen oder doch ſein gemauerter Teil auf einen kleinen, unmittelbar unter der Erdoberfläche gelegenen, wenig tiefen Keſſel beſchränkt, der eigentliche Brunnenſchacht jedoch durch eiſerne Rohre verwahrt (Fig. 387). Derartige Rohrbrunnen finden eine immer gröſsere Verbreitung und ſpielen für gröſsere Tiefen in nicht zu ſteinigem Boden, ferner in Fällen, in welchen man das Waſſer der oberen ſtark verunreinigten Bodenſchichten abhalten will, eine nicht unwichtige Rolle. An richtiger Stelle angewendet, bilden Rohrbrunnen den gemauerten Brunnen gegenüber eine einfachere, rationellere und meiſt auch billigere Waſſergewinnungsanlage, ſo daſs ihre Verwendung empfohlen werden kann.

Zu den einfachſten und ſchon ſeit längerer Zeit in Anwendung befindlichen Rohrbrunnen gehören die abeſſiniſchen. Je nach der Art des Eintreibens des Rohres ſolcher Brunnen unterſcheidet man Schraubbrunnen und Rammbrunnen.

Bei den Schraubbrunnen wird ein ſchmiedeeiſernes Rohr von 30 bis 80 mm Weite, welches an ſeiner Spitze mit Schraubengängen und einer Anzahl Löcher zum Eintritt des Waſſers verſehen iſt, bis in die waſſerführende Schicht eingeſchraubt. Geſtattet die Bodenbeſchaffenheit das Eindrehen eines ſolchen Rohres nicht, ſo wird es in den Boden eingerammt; das unterſte Rohrſtück iſt alsdann mit einer kulpigen Stahlſpitze und oberhalb letzterer mit Löchern verſehen; wenn man auch mit derartigen Rohren Felſen oder gewachſene feſte Steinſchichten nicht durchdringen kann, ſo gelingt dies doch in ſehr feſten Bodenarten. Befeſtigt man auf dieſem Rohre eine kleine Handpumpe, ſo ſind alle Bedingungen der Waſſerentnahme erfüllt (Fig. 388). Durch einen angeſchraubten Schlauch, bezw. eine Rohrleitung, kann das Weiterfördern oder das Heben des Waſſers bewerkſtelligt werden. Iſt die Ergiebigkeit des Brunnenrohres eine groſse, ſo kann dieſes ohne weiteres als Saugrohr einer gröſseren, durch mechaniſche Kräfte bewegten Pumpenvorrichtung dienen.

Fig. 388.



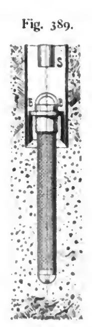
Abeſſinierbrunnen.
1/60 w. Gr.

Solche abeſſiniſche Brunnen können ganz beſonders leicht in kieſigen und lehmigen Untergrund geſchlagen, bezw. eingedreht werden, vorausgeſetzt daſs im letzteren keine ſehr groſse Steine (Wacken, Findlinge) vorhanden ſind. In ſehr feinem Sande (Triebſand, Flugſand) eignen ſie ſich nicht, weil dieſer Sand durch die Löcher des Rohres zur Pumpe gelangt; in ſolchem Material und wenn es ſich um Entnahme aus groſsen Tiefen handelt (Abeſſinier kann man bis zu 30 m abtreiben), werden Rohrbrunnen mit Filterkörben angewendet.

Bei den Rohrbrunnen mit am unteren Ende angebrachten Filterkörben beſteht ein weſentlicher Unterſchied darin, ob unmittelbar aus dem Rohrbrunnnen von den Pumpen aus angeſaugt wird oder ob man in den fertigen Rohrbrunnen noch ein beſonderes Saugrohr einhängt wie in einen gewöhnlichen gemauerten Brunnenſchacht.

Bei Rohrbrunnen der ersteren Art ist ein Saugwindkessel unentbehrlich, um gleichmäfsigen Zuflufs zu erzielen; im anderen Falle bedarf es dessen nicht. Die Herstellung solcher Rohrbrunnen (Fig. 389) geschieht im allgemeinen so, dafs zunächst eine Bohrschale, welche je nach ihrer Weite aus Schmiedeeisen oder Gufseisen ist (gufseiserne von 400 mm aufwärts), durch die wasserführende Schicht getrieben wird. Ist sie bis an die Stelle abgetrieben, an welche man den tiefsten Teil des Filterkorbes versetzen will, so wird die Bohrschale, nachdem der Filterkorb abgelassen worden, wieder aufgezogen; der Sand legt sich alsdann dicht an die Metallgaze, mit welcher der Filterkorb überfponnen ist, an, und es kann, sofern die Fäden der Metallgaze nahe genug aneinander liegen, auch der feinste Flugsand vom Eintritt in den Brunnen abgehalten werden. Ein am unteren Teile der Bohrschale angebrachter Bund *B*, angepafst an einen entsprechenden Rand unterhalb des Bügels am Filterkorb, hält den letzteren fest und verhindert das Eintreten von Sand in den eigentlichen Brunnen, aus welchem mittels des Saugrohres *S* Wasser entnommen werden kann[331]).

Fig. 389.



Rohrbrunnen mit Filterkorb.
1/50 w. Gr.

446.
Artesische Brunnen.

In manchen Fällen stehen Grundwasserströmungen, welche zwischen zwei undurchlässigen Schichten verlaufen, unter verhältnismäfsig hohem Drucke und heifsen dann artesische Strömungen. Wird ein Bohrloch in den Träger einer solchen Strömung eingetrieben, so stellt sich das Wasser in der Bohrschale genau auf jene Höhe, welche der Pressung an der von ihr berührten Stelle in der artesischen Strömung (als Ueberdruck über den atmosphärischen Druck gemessen) entspricht. Reicht die Bohrschale nicht bis zu dieser Höhe hinan, so fliefst das Wasser an ihr über. Erfolgt der Ueberlauf über Erdgleiche, so pflegt man die Erscheinung einen artesischen Brunnen zu nennen.

Es ist stets ratsam, vor Inangriffnahme eines artesischen Brunnens einen anerkannt tüchtigen Geologen zu beraten, welcher wenigstens ungefähr die Lage der wasserführenden Schicht kennt. Das Erbohren des Wassers geschieht in ganz gleicher Weise wie bei jeder anderen Bohrung; eine Verrohrung des Bohrloches ist in allen Fällen gut, um Nachstürze zu vermeiden. Die von den artesischen Brunnen, besonders aus grofsen Tiefen, gelieferten Wasser sind in der Regel als Nutzwasser zu hart und als Trinkwasser zu warm, weshalb auch dieses Verfahren der Wasserversorgung in der neueren Zeit weniger beliebt geworden ist. Indes werden fortwährend noch artesische Brunnen erbohrt, und es gibt sehr viele Gegenden, in welchen artesische Strömungen wahrscheinlich, bezw. nachgewiesen sind.

447.
Ergiebigkeit der Brunnen.

Zur Bestimmung der dauernden Ergiebigkeit eines Brunnens, gleichviel welcher Art, ist die unausgesetzte Entnahme gröfserer Wassermengen und das Beobachten der Wirkung dieser Entnahme auf den Wasserstand im Brunnen notwendig; gleichzeitig soll der Grundwasserstand in der Nähe des Brunnens, sofern er von der Entnahme nicht mehr beeinflufst ist, beobachtet werden. Findet fortwährendes Sinken des Wasserstandes im Brunnen statt, welches rascher als das Sinken des unabhängigen Grundwasserstandes vor sich geht, oder zeigt sich dieses Sinken, während sich der unabhängige Grundwasserstand hebt, so vermag der Brunnen die ihm versuchsweise entnommene Wassermenge auf die Dauer nicht zu liefern. Senkt sich dagegen der Wasserstand im Brunnen auf eine bestimmte Tiefe und schwankt er alsdann bei fortwährender Entnahme wenig und überhaupt nur übereinstimmend mit dem unabhängigen Grundwasserstande, so darf die Möglichkeit einer dauernden Entnahme dieser Art und Gröfse als wahrscheinlich angenommen werden. Sicherheit darüber erhält man erst nach Ablauf einer längeren Reihe von Jahren.

In der Regel soll der Wasserstand eines Brunnens höchstens 2 bis 3 m unter die Gleichgewichtslage abgesenkt werden.

[331]) Ueber Saugkörbe für Rohrbrunnen siehe: D. R.-P. Nr. 16394, 23245, 33824

448.
Lage der Brunnen

Soll der Brunnen nur eine Gebäudeanlage verſorgen, ſo achte man darauf, daſs er weder durch Abwaſſer, noch durch Aborte, Abort- und Kehrichtgruben u. ſ. w. verunreinigt werde. Iſt die waſſerführende Schicht nicht ſehr tief unter der Bodenoberfläche, ſo muſs der Brunnen möglichſt entfernt von dieſen Anſtalten an einen Ort verlegt werden, welcher vorausſichtlich auch in ſpäteren Zeiten von jeder Verunreinigung ausgeſchloſſen bleibt; auch muſs dieſe Stelle ſo gelegen ſein, daſs die Richtung des Grundwaſſerſtromes nicht von den genannten Anſtalten gegen ſie, ſondern umgekehrt verläuft. In der Regel werden die Brunnen in dem zum betreffenden Gebäude gehörigen Hofraume, Garten u. ſ. w. angeordnet; bisweilen legt man jedoch den Brunnen im Gebäude ſelbſt an, an einer paſſenden Stelle des Keller- oder Erdgeſchoſſes, wodurch man das Brunnenrohr gleichzeitig gegen Einfrieren ſchützt und das Eindringen von Tagwaſſer und unreinem Waſſer der oberen Erdſchichten abwehrt [332]).

Gegen Froſt und Hitze, ſowie gegen das Eindringen von Licht ſind die Brunnenſchächte oder Brunnenrohre ſorgfältig zu verwahren.

Die Strömungsrichtung des Grundwaſſers ermittelt man durch eine Reihe von Probegruben und Bohrungen (mindeſtens drei); man verbindet die erhaltenen Waſſerſtände auf der Karte durch Horizontalkurven, d. h. man ſucht die Waſſerſtände gleicher Höhe auf. Die Strömungsrichtung ſteht ſodann ſenkrecht gegen dieſe Kurven, und ihr Zeiger geht von der höher- nach der tiefergelegenen.

449.
Sammelſchlitze und Galerien.

Brunnenanlagen ſind unvorteilhaft, ſobald der aufzuſchlieſsende Grundwaſſerſtrom in nicht groſser Tiefe unter der Bodenoberfläche verläuft und der Träger des Grundwaſſers von letzterem auf nur verhältnismäſsig geringe Höhe über der undurchläſſigen Schicht erfüllt wird (bei im übrigen gröſserer Ausdehnung des Stromes ſenkrecht zu ſeiner Strömungsrichtung). Da man in ſolchem Falle gegen den Brunnen hin einen verhältnismäſsig kleinen Durchfluſsquerſchnitt hat und die Geſchwindigkeit darin anläſslich der begrenzten Abſenkungsmöglichkeit nicht erheblich ſteigern kann, ſo iſt eine groſse Anzahl von Brunnen erforderlich, um dasſelbe zu leiſten, was eine ſenkrecht zur Strömungsrichtung angelegte, unmittelbar wirkende und auf der undurchläſſigen Schicht gegründete Sammelanlage vollbringt. Die Wirkung der letzteren iſt unbedingt ſicher und in dieſem Falle, wie auf Grund von Koſtenvergleichen ſich jederzeit nachweiſen laſſen dürfte, auch wirtſchaftlich vorteilhafter als die Herſtellung einer Reihe von Brunnen. Stollen, Sammelgalerien, Sammelrohre, Dohlen, Drains und Sickerungen werden in ſolchem Falle Brunnen vorzuziehen ſein.

Sehr häufig kommt es vor — und zwar nicht nur im feſten Gebirge, ſondern ebenſowohl in den Alluvionen der Fluſsgebiete —, daſs der Grundwaſſerſtrom nicht gleichmäſsig, ſondern vorzugsweiſe in einzelnen, teils miteinander in Verbindung ſtehenden, teils voneinander getrennten Adern verläuft, welche gewiſſermaſsen die von der Natur angelegte Drainage der Alluvion oder des Gebirges vorſtellen. Ausnahmslos iſt dies bei Felsgebirgen der Fall, in welchen das Grundwaſſer über der undurchläſſigen Schicht in den Spalten und Klüften des überlagernden Gebirges flieſst; die verſchiedenen Stränge vereinigen ſich dann entweder an einer oder mehreren Stellen, gegen welche die undurchläſſige Schicht von allen Seiten Gefälle hat, oder ſie bilden eine Reihe von Quellen, wenn die undurchläſſige Schicht ganz oder nahezu eben und wagrecht verläuft (Spaltenquellen und Schichtenquellen). Der gleiche Fall tritt auch häufig bei Alluvionen ein, insbeſondere wenn die Geſchiebe

332) Siehe: Rollet, J. *Influence des filtres naturels ſur les eaux potables.* Lyon 1882.

und Gerölle der letzteren mehr oder weniger tonige Beimengungen enthalten, in welchen einzelne Stränge oder langgeftreckte Nefter reineren Materials (Kiesadern) eingelagert find. In diefen Kiesadern bewegt fich das Grundwaffer leichter als im übrigen Teile der Alluvion, und da die einzelnen Adern durch weniger durchläffige Zwifchenlagerungen getrennt find, fo wird ein an beliebiger Stelle eingelaffener Brunnen ftets einen kleinen Wirkungskreis haben; überdies ift man nie ficher, ob nicht bei einer gröfseren Zahl von Brunnen zwifchen zweien davon Grundwaffer durch eine Kiesader, welche weder von dem einen, noch vom anderen Brunnen einbezogen wird, entweicht. In folchen Fällen wird man nur durch das Auffchlitzen eines Grabens, fenkrecht zur Strömungsrichtung und abgetrieben bis zur undurchläffigen Schicht, alles vorhandene Waffer gewinnen können.

Dies find die wefentlichften Gründe, welche zur Wahl von wagrechten Waffergewinnungsanlagen beftimmen; felbftverftändlich können wir, bei den der Ausdehnung diefes Kapitels gefetzten Grenzen, hier den ganzen Gegenftand nicht fo ausführlich behandeln, um alle Fälle aufzuzählen, in welchen lotrechte Brunnen nicht ratfam find und in welchen Fällen man zu einer Verbindung beider Faffungsmöglichkeiten greifen mufs.

Die einfachften Sammelanlagen find auf der undurchläffigen Schicht lofe aneinander gelegte kurze Tonrohre (fog. Drains). Das Waffer tritt durch die Stofsfugen zwifchen je zwei Rohren ein. Solche Drains find fodann bei befferen Anlagen durch ineinander gefügte Sammelrohre aus Ton, Zement oder Gufseifen erfetzt, deren Wandungen durchlocht find, wie in Fig. 390 u. 391, oder durch folche, deren oberer Teil *A* (Fig. 392) eine Reihe von Zwifchenräumen enthält, durch welche Waffer eindringen kann. Rohre letzterer Art werden nur aus Beton und fo hergeftellt, dafs über einen wafferdichten Sarg *B* eine Haube aus Kiefelfteinen, welche in einen feinen Zementmörtel eingetaucht waren und noch fo viel Ueberzug hiervon bewahrten, um nach dem Trocknen aneinander zu haften, gefetzt wird. Auch legt man manchmal kleine Dohlen aus Backfteinen mit 18 bis 20 cm Breite und von ca. 30 bis 40 cm Höhe an, welche an der gegen die Strömung ftehenden Wand Schlitzöffnungen haben und durch Backfteine abgedeckt find. In Gegenden, in welchen man mehr Bruchfteinmauerwerk anwendet, werden ähnliche Dohlen aus Bruchfteinen mit Bruchftein-Deckplatten hergeftellt; ihre Konftruktion ift allgemein bekannt, und die Abmeffungen richten fich nach dem zur Verfügung ftehenden Material und den Bedingungen für die Durchleitungsfähigkeit der Dohle.

Fig. 390. Fig. 391. Fig. 392.



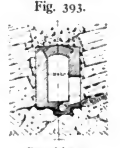
Wagrechte Sammelanlagen.
1/100 w. Gr.

Alle diefe Anlagen werden nach dem Fertigftellen zugedeckt und find ungangbar, auch nicht fchlupfbar. Um nachfehen zu können, ob fich darin alles in Ordnung befindet, empfiehlt es fich, Einfteigefchächte anzulegen, zwifchen welchen der Sammelftrang eine geradlinige Achfe hat. Man kann alsdann durch Vorhalten eines Lichtes den Strang durchfehen und erforderlichenfalls mit Hilfe einer Rohrbürfte reinigen oder, wenn er eingebrochen fein follte, wenigftens leicht die Stelle ermitteln, an welcher eine Ausbefferung vorgenommen werden mufs.

Beffer, aber teuerer ift es, ftatt diefer Drainagen durch Rohre begehbare Sammelgalerien oder Stollen anzulegen. Solche Galerien werden ftets am Platze fein, wenn man durch bergmännifchen Vortrieb das Waffer zu gewinnen veranlafst ift oder wenn es die Vorficht erheifcht, eine allerwärts zugängliche Anlage zu errichten.

Eine begehbare Sammelgalerie follte eine lichte Höhe von 1,60 bis 2,00 m und eine lichte Breite von mindeftens 0,70 m haben; anderenfalls ift fie fehr unbequem. Auf ihrer Sohle bleiben entweder zwei Bankette ftehen, und der Wafferlauf ift in der Mitte, oder man legt ein breiteres Bankett an der Seite der Galerie an, welche dem Eintritte des Grundwaffers gegenüber liegt; die erftere Anordnung ift für die Befichtigung bequemer. Noch beffer ift jene Anordnung, bei welcher die abgeleiteten Quellwaffer in befonderer Führung laufen, wie dies bei der ca. 2 km langen Quellenfaffung der Stadt Baden-Baden der Fall ift. Die Galerien (Fig. 393) find 0,70 m breit und 1,60 m hoch. An jeder Stelle, bei welcher eine ftärkere Quelle hervortritt, ift in die

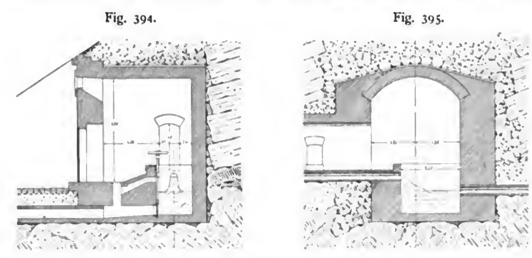
Fig. 393.



Begehbare Sammelgalerie.
1/150 w. Gr.

füdliche Stollenwand eine Nifche eingelegt und das zum Sammeln des Quellwaffers dienende Zementrohr gegen diefe Nifche von Wafferfpiegelhöhe an geöffnet. Kleinere Quellenfäden find in Tonrohren entlang der füdlichen Stollenwand gefammelt und der nächften Nifche zugeführt. Die Sohle der Sammelgalerie ift infofern ganz aufser Verbindung mit der eigentlichen Quellenfaffung, als fämtliche im Stollen felbft abtropfende Gewäffer fich auf ihr gegen die Einfteigekammern fortbewegen und dort verfinken, nirgends aber eine Verbindung mit dem gefammelten Quellwaffer erreichen können. An den Nifchen liegt zur Erreichung der Ifolierung ein gufseiferner Winkel, der genau in die Stollenfohle eingepafst und an der Stollenwand befeftigt ift. Da die Gebirgsformation ein gleichmäfsiges Gefälle der Stollenfohle nicht zuliefs, entftanden im Längenprofil Gefällbrüche, zwifchen welchen felbftverftändlich die Weite der Sammelrohre wechfelt; an allen folchen Gefällbrüchen befinden fich Einfteigekammern mit kleinen Behältern, in welchen der Uebergang von einer Gefällftrecke zur anderen vermittelt wird. Die Behälter bilden Sandfänge für das von den Felfen gelöfte und vom Waffer beigefchwemmte Geftein. Diefe Einfteigekammern find in Fig. 394 u. 395 dargeftellt. Als Zugangsftellen zur Sammelgalerie erfüllen

Fig. 394. Fig. 395.



Einfteigekammern. — 1/150 w. Gr.

fie noch den weiteren Zweck gründlicher Lüftung der letzteren. In der Höhe der Oberkante des unteren Abflufsrohres befindet fich in jeder Kammer der Ueberlauf für den Wafferbehälter; der Leerlaufkanal ift durch einen Schieber vom Wafferbehälter abgefperrt und mündet in den Wald aus. In denfelben Leerlauf müffen fich alle auf der Stollenfohle beigetragenen Waffer durch das im Vorplatz angebrachte Sturzloch *S* ergiefsen. Der Leerlauffchieber kann mit einem Handrade in der Kammer geftellt werden, fo dafs das Reinigen des Behälters jederzeit leicht erfolgen kann; Spindel und Sitzflächen find aus Bronze hergeftellt. Jede Kammer ift durch eine Doppeltür verfchloffen und durch eine Rofette gelüftet; die Lüftungen wirken gleichzeitig für die ganze Sammelanlage und erhalten die Luft in den Galerien ftets rein. Die Gewölbe find überall mit Ifolierfchichten überzogen, wodurch das Eintropfen von Waffer tunlichft verhindert wurde. Die gröfste Länge einer Galerieftrecke zwifchen zwei Zugängen beträgt etwa 200 m. Zu den Eingängen der Kammern, deren Bodenfläche 6 bis 8 m unter Erdgleiche gelegen ift, führt von aufsen ein in den Felfen gefprengter Einfchnitt mit abgepflafterter Sohle, in welchem auch das Leerlaufrohr liegt.

Bei der Anlage von Sammelgalerien u. f. w. wird fehr häufig der Fehler gemacht, dafs man die Einfteigefchächte unmittelbar über dem offenen Reinwafferkanal anbringt; durch die Schachtdeckel, welche nie dicht abfchliefsen und in der Regel für das Einftecken des Schlüffels durchlocht find, können in folchem Falle Unreinigkeiten aller Art, insbefondere aber Schmutzwaffer, zum Quellwaffer gelangen. Die Einfteigefchächte follten daher ftets feitlich des Reinwafferkanals gelegt, befonders entwäffert und durch Zwifchenwände vom Reinwafferkanal gefchieden werden.

450. Sickerungen.

Befindet fich in einem wafferführenden Boden das Grundwaffer fehr nahe unter der Bodenoberfläche und find befonders lange Gräben zur Auffchliefsung erforderlich, fo werden die letzteren auch häufig offen angelegt oder als Sickerungen

behandelt, in welch letzterem Falle man durch Einlage von Steinen u. f. w. künftlich eine Einrichtung fchafft, die ähnlich wirkt wie eine in toniger Alluvion eingelagerte Kiesader. In allen diefen Fällen hat man mit grofser Sorgfalt darauf zu achten, dafs die Sammelanlage allen äufseren Einflüffen (Verunreinigungen u. f. w.) entzogen wird.

Die Gewinnung von Dünenwaffer ift ein befonderer, hierher gehöriger Fall, hinfichtlich deffen wir auf die untengenannte Quelle[333]) verweifen.

451
Wahl
der
Faffungsorte.

In vielen Fällen hat man die Wahl zwifchen Seewaffer, Flufswaffer, Grundwaffer und Waffer aus Quellen; alsdann entfteht die Frage, welche Art der Verforgung man wählen foll. Eine Zeitlang wurden auch von fachverftändiger Seite in erfte Reihe Quellwaffer, in zweite Grundwaffer und in dritte Reihe die übrigen Wafferarten geftellt und die Regel befolgt: erft dann, wenn nachgewiefen ift, dafs Quellwaffer nicht oder nicht in genügender Menge zu haben, ift auf Grundwaffer und erft mangels an Grundwaffer auf andere Wafferarten zu greifen[334]). Man hat dabei den wefentlichften Faktor, die Koften der Anlage, nicht vergeffen, aber doch fehr zurücktreten laffen.

Heute ftellt man zwar die gleichen Anforderungen an die Befchaffenheit des Waffers wie früher, d. h. man verlangt, dafs es klar, farblos und geruchlos und nach feinen chemifchen und gefundheitlichen Eigenfchaften gutes Trinkwaffer fei; find aber diefe Bedingungen erfüllt, fo fpielt neben ihnen die Herkunft des Waffers keine wefentliche Rolle mehr.

Steht eine ftädtifche Wafferverforgung zur Verfügung, fo werden fowohl einzelne Gebäude, als auch Gebäudegruppen fich ftets am beften an diefe Anlage anfchliefsen; doch wird auch hier für den Fall, dafs es leicht möglich wäre, eine felbftändige Verforgung zu errichten, durch annähernden Koftenvergleich zu ermitteln fein, was billiger ift.

Ift eine felbftändige Verforgung die einzige Möglichkeit, fo wird in vielen Fällen zu erwägen fein, ob künftliche Wafferhebung oder Wafferbezug aus Ziftern, Quellen u. f. w. billiger ift. Bei der künftlichen Wafferhebung fpielt der Betriebsaufwand die Hauptrolle; die jährlichen Koften für diefen Aufwand find zu kapitalifieren und zum Bauaufwand für die Leitung zuzufchlagen, um eine Vergleichsfumme zu erhalten. Kann die Wafferhebung durch Perfonal erfolgen, welches für andere Zwecke ohnehin gehalten werden mufs, fo dafs für folche Leute die Wafferförderung eine Art Nebenbefchäftigung bildet, fo werden als Betriebsaufwand nur die Unterhaltungskoften für die Pumpen u. f. w. in der Rechnung erfcheinen.

Bei der künftlichen Wafferhebung (insbefondere mit Waffer- und Dampfkraft) ift zu beachten, dafs mit der gleichen Betriebsmafchine auch andere im Haushalte nötige Gefchäfte unter Umftänden verrichtet werden; in folchen Fällen dürften die aus dem Betrieb der Kraftmafchine für die Wafferverforgung entftehenden Koften meift fehr geringfügiger Natur fein.

Steht es in Frage, ob aus demfelben Lieferungsgebiete künftliche Hebung oder Zuleitung unter natürlichem Drucke zweckmäfsiger ift, was manchmal vorkommt, z. B. bei Entnahme aus Alluvionen in ftark fallenden Flufstälern, fo ift, wie folgt, zu verfahren. Man legt durch die Höhe des Ueberlaufwafferfpiegels im Behälter, von welchem aus die Wafferverteilung für die Gebäudegruppe erfolgt, eine Wagrechte und fucht ihren Schnitt im Flufstale mit dem dafelbft vorhandenen Grundwafferfpiegel. Ift die Entfernung diefes Schnittpunktes vom Behälter gleich $\mathfrak{L}$, fo liegt

333) Schmitt, E. Ueber Dünen-Wafferverforgung einiger holländifchen Städte. Zeitfchr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1879, S. 515.

334) Siehe: Grahn, E. Berechtigte Anfprüche an Wafferverforgungen. Journ. f. Gasb. u. Waff. 1876, S. 501.

in der weiteren Entfernung $\frac{\mathfrak{L}}{5}$ flufsaufwärts eine Stelle, an welcher die Wafferfaffung angelegt werden mufs, wenn die Zuleitungskoften tunlichft gering werden follen. Sind dann diefe Koften gröfser als der kapitalifierte Betriebsaufwand und die Einrichtungskoften fur künftliche Hebung, fo ift die letztere vorzuziehen und umgekehrt. Selbftverftändliche Vorausfetzung ift, dafs die Waffergewinnung ebenfo einfach oberhalb der Verforgungsftelle im Flufstale als in unmittelbarer Nähe (bei Anlage einer Pumpftation) eingerichtet werden kann.

---

17. Kapitel.

Zuleitung und Verteilung des Waffers.

a) Zuleitung des Waffers.

452. Hauptzuleitung.

Ift eine einzige Quelle vorhanden oder ift das Waffer von mehreren Quellen nach einem einzigen Punkte geführt oder kann die Entnahme von der Abzweigung einer beftehenden Wafferverforgung aus erfolgen, fo beginnt hier die Zuleitung zum Gebäude oder zur Gebäudegruppe. Man wird für die Zuleitung entweder eine offene oder eine gefchloffene Leitung und den kürzeften Weg zur Verforgungsftelle wählen. Aus Rückfichten für die Sicherheit der ununterbrochenen Wafferverforgung ftatt einer einzigen Zuleitung eine doppelte zu nehmen, empfiehlt fich nicht, insbefondere dann nicht, wenn bei etwaigen Störungen an der Zuleitung der Verforgungsftelle durch einen Behälter der Wafferbezug dennoch für einige Zeit gefichert ift.

Verbindet man den Punkt der Wafferentnahme mit dem an der Verforgungsftelle anzulegenden Wafferbehälter oder, wenn ein folcher überflüffig ift, mit dem Beginn der Hausleitung durch eine gerade Linie, fo würde dies der kürzefte Weg für die Zuleitung fein. Deshalb ift vor allen Dingen zu unterfuchen, ob man nicht in der Lage ift, diefe kürzefte Linie zu verfolgen. In den meiften Fällen wird dies nicht möglich fein; alsdann mufs der richtige Weg entweder rechts oder links diefer Linie liegen. Die Unterfuchung hat fich deshalb in zweiter Reihe mit der Beantwortung der Frage zu befaffen, ob die Lage der Leitung rechts oder links der genannten Geraden zu wählen fei. Für diefe Wahl können aufser dem Koftenpunkte befondere Rückfichten entfcheidend fein, welche fich einer allgemeinen Befprechung entziehen, z. B. das Verbot der Benutzung fremder Grundftücke, die Schwierigkeit fachgemäfsen Rohrlegens in fumpfigem oder felfigem Boden, das Umgehen von Ueberbrückungen oder Unterfahrungen von Flüffen u. f. w.

Hat man bei Zuleitung von Quellen, überhaupt bei felbftändiger Verforgung eines Gebäudes oder einer Gebäudegruppe, eine Trace feftgeftellt, fo entfcheidet ihr Längenprofil, ob eine Druckleitung oder eine offene Leitung angelegt werden mufs. Meiftens find beide Arten von Leitungen möglich; nur ift manchmal die eine zweckmäfsiger als die andere. Man legt die offene Leitung, wenn die Gefällslinie im Abtrage geht, in einen Einfchnitt; geht fie im Auftrage, fo mufs fie auf einen Unterbau gelegt werden. Die Druckleitung dagegen kann man ganz beliebig legen, wenn man die höchften Punkte entlüftet und vermeidet, dafs die Preffung innerhalb des Druckrohres unter die atmofphärifche finkt. (Vergl. auch Art. 475.)

Gerinne aus Mauerwerk, Zementrohren, Tonrohren u. f. w., in denen das Waffer ohne innere Preffung fliefst, haben im allgemeinen vor den meift gufseifernen, jedenfalls aus Metallrohren hergeftellten Druckleitungen den Vorzug, dafs das darin fliefsende Waffer reiner bleibt, dafs man fie leichter zugänglich machen und reinigen, fowie dafs man fie mit fehr wenig Gefälle und meift mit geringerem Herftellungsaufwande bauen kann und dafs für die Haltbarkeit folcher Anlagen Erfahrungen

von Jahrtausenden vorliegen, während man bei Metallrohren aus verschiedenen Gründen annehmen mufs, dafs ihre Dauer nur eine beschränkte sein wird.

Ein Gerinne (Zementrohrleitung, Tonrohrleitung) kann jedoch nur dort mit Vorteil hergestellt werden, wo die Gefällslinie auf der ganzen Erstreckung der Leitung im Abtrage liegt; die Erfüllung dieser Bedingung wird unter Umständen eine ganz aufserordentliche Länge der Entwickelung verlangen und dadurch im Vergleiche zu einer Druckleitung, welche an das Befolgen einer gleichmäfsigen Gefällslinie nicht gebunden ist, gröfsere Kosten verursachen. Auch in jenen Fällen, in welchen die Gefällslinie auf sehr erhebliche Tiefen in den Einschnitt zu liegen kommt, ist der Kostenaufwand sehr häufig so grofs, dafs man billiger eine Druckleitung herstellt. Befindet sich die Gefällslinie im Auftrag, so würde an diesen Stellen die offene Leitung durch Unterbauung (Aquädukt) zu stützen sein, und es ist hier von vornherein billiger und besser, dies nicht zu tun, sondern eine Druckleitung anzulegen.

Eine Zuleitung im Freien (zwischen freistehenden Gebäuden oder Gebäudeteilen, über Wasserläufe, Gräben, Schluchten u. s. w.) ist nur dann statthaft, wenn für eine ständige Wasserbewegung in den Rohren gesorgt wird. Aufserdem sind in solchem Falle Stopfbüchsen oder **U**-förmig gestaltete Krümmer aus Kupferrohren in die Leitung einzuschalten, damit diese ohne Gefahr die Ausdehnungen und Zusammenziehungen mitmachen kann, welche der Wärmewechsel im Freien veranlafst.

Bei Bestimmung der Lichtweiten von Zuleitungen hat man in erster Linie zu untersuchen, welche gröfste sekundliche Wassermenge beizuführen ist; die letztere berechnet sich in der in Art. 433 (S. 407) dargestellten Weise. Bezeichnet man sodann mit H das Gefälle (in Met.) einer Zuleitung (die wirksame Druckhöhe, d. h. den Höhenunterschied zwischen Quellwasserspiegel und Wasserbehälterspiegel oder Auslauf), F den Querschnitt der Zuleitung (in Quadr.-Met.), p den benetzten Umfang der letzteren (in Met.), L die Länge der Zuleitung (in Met.) und Q die von ihr zu befördernde Wassermenge (in Kub.-Met.), so mufs sein

$$H = \frac{Q^2 L p}{k^2 F^3}.$$

Hat die Leitung ein kreisrundes Profil, d. h. ist sie ein mit Wasser ganz erfülltes Rohr, so wird, da $p = \pi D$ und $4 F = \pi D^2$ ist,

$$H = \frac{4 Q^2 L \pi D}{k^2 \pi^3 D^6} = \frac{\lambda Q^2 L}{D^5}.$$

Setzt man, wie üblich, für Annäherungsrechnungen $k = 50{,}93$, so wird $\lambda = 0{,}0025$; diese Zahlenwerte sind bekannt unter dem Namen der *Eytelwein*'schen, bezw. *Dupuit*'schen Koeffizienten [335].

Es empfiehlt sich, wegen der unvermeidlichen Inkrustation von Metallrohren, die nach der Formel erhaltenen Lichtweiten etwas zu vergröfsern; ebenso sind bei offenen Leitungen die erhaltenen Mafse auf etwas gröfsere Ziffern abzurunden, um den Unvollkommenheiten der Ausführung Rechnung zu tragen.

Man ersieht leicht aus den angegebenen Formeln, dafs der Einflufs des Wasserquerschnittes und der Wassermenge viel bedeutender ist als jener des Gefälles H oder der Leitungslänge L. Es ist daher unnütz, bei einer Zuleitung grofse Kosten aufzuwenden, um das Gefälle (die Druckhöhe) zu vermehren; man wird in den hieraus sich ergebenden Ersparnissen an dem für die Leitung anzuwendenden Querschnitt keinen entsprechenden Gleichwert finden.

Alle seither behandelten Grundsätze für die Zuleitung des Wassers bleiben auch bei künstlicher Wasserhebung unverändert bestehen; die Lage des Quellwasserspiegels, von welchem wir ausgegangen sind, wird in diesem Falle durch das Mafs der dem Ueberdruck im Druckwindkessel entsprechenden Wassersäulenhöhe ersetzt. Das gleiche gilt auch für eine Entnahme aus einem bestehenden Rohrnetze.

---

[335]) Zugehörige Tabellen finden sich in *Dupuit*'s bereits (in Fufsnote 327, S. 420) genanntem Werke (S. 474), neuere von *Lueger* auf Grundlage der *Kutter*'schen Formel aufgestellte im »Taschencatalog der Kalberger Hütte« (Saarbrücken), S. 13.

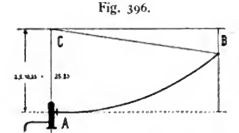


Fig. 396.

Ift z. B. an der Stelle A (Fig. 396) ein Pumpwerk aufgeftellt und zeigt die Preffung im Druckwindkeffel $2^1/_2$ Atmofphären Ueberdruck, fo läuft am Ende B der Rohrleitung AB ebenfoviel Waffer heraus, als wenn das letztere vom Punkte C, welcher $2{,}5 \cdot 10{,}33 = 25{,}83$ m über dem Manometer am Druckwindkeffel liegt, unter natürlichem Drucke nach B abgeleitet würde. Das gleiche gilt, wenn ftatt des Druckwindkeffels in A ein Rohr mit $2^1/_2$ Atmofphären Ueberdruck des Waffers in ihm vorhanden gedacht wird.

453. Gefchwindigkeit in den Leitungen.

Bei künftlicher Wafferhebung mit Dampfkraft werden in der Regel die geringften Gefamtkoften (alfo des Jahresaufwandes für Betrieb und Verzinfung des Anlagekapitals u. f. w.) erzielt, wenn die Lichtweite des Druckrohres fo bemeffen ift, dafs die Gefchwindigkeit darin ca. 0,50 m in der Sekunde beträgt. Bei Zuleitungen von beftehenden Wafferwerken aus beftimmt man in der Regel die Rohrweite fo, dafs die fekundliche Gefchwindigkeit 1 m nicht überfteigt.

Bei Gefchwindigkeiten von 1 m in der Sekunde vermögen die nachftehend aufgeführten Rohrweiten folgende Waffermengen zu tragen:

Rohrweiten	25	30	40	50	75	100	125	150	175	200	300	400	500	Millim.
Waffermenge	0,5	0,7	1,3	2,0	4,4	7,9	12,3	17,7	24,1	31,4	70,7	125,7	196,4	Sekundenliter.

Für Gefchwindigkeiten von 0,50 m in der Sekunde die Hälfte.

Bei Verwendung von Zementrohren, Tonrohren u. f. w. ift es nicht ratfam, (auch bei vorhandenem grofsem Gefälle) die fekundliche Gefchwindigkeit auf mehr als 1,00 bis 1,50 m anfteigen zu laffen, weil erfahrungsgemäfs auch bei gutem Rohrmaterial durch Anwendung gröfserer Gefchwindigkeiten ein Angriff auf die Rohrwände erfolgt. Auch in Metallrohren follte die fekundliche Gefchwindigkeit 2 m nicht überfteigen, wenn Angriffe auf die Wandungen vermieden werden wollen.

454. Rohrmaterial.

Hinfichtlich des zu verwendenden Rohrmaterials fei bemerkt, dafs gufseiferne Rohre bis auf die Lichtweite von 25 mm als kleinfte in den befferen Giefsereien hergeftellt werden; kleinere Lichtweiten als 25 mm pflegt man bei Zuleitungen nicht zu verwenden. Nach den Erfahrungen, welche man feit einer Reihe von Jahren an Rohrleitungen aus Gufseifen gemacht hat, fcheint diefes Metall, befonders bei Anwendung von Muffendichtung, fich beftens zu bewähren; doch mufs der Boden, in welchem die Rohre verlegt werden, frei von Humusfäure und von jedem Salzgehalte fein. Sie eignen fich alfo nicht zur Verwendung in moorigem Boden oder in der Nähe eines folchen und ebenfowenig in der Nähe des Meeres oder in einem mit Afche und Schlacken vermifchten Untergrunde. Auch ift zu beachten, dafs harte Waffer bei ihrer Durchleitung durch gufseiferne Rohre die Wandungen zwar gleichmäfsig langfam inkruftieren, dafs fie aber das Eifen wenig angreifen, während fehr weiche Waffer und namentlich folche, welche viel organifche Stoffe führen, im Inneren der gufseifernen Leitungen grofse Roftknollen erzeugen, durch welche die Rohre nach und nach zuwachfen.

Solange es in Rückficht auf die Gefällsverhältniffe durchführbar ift, d. h. für alle Leitungen ohne innere Preffung, eignen fich am beften Tonrohre und Zementrohre, nicht allein ihrer gröfseren Dauerhaftigkeit, fondern auch ihres wefentlich billigeren Preifes wegen.

Die Eigenfchaften der verfchiedenen Rohrarten werden bei Befprechung der Anfchlufsleitung (unter b, 1, vor allem in Art. 459) befonders berührt werden.

455. Erzielung der nötigen Druckhöhe.

Wenn am Urfprunge des einer Verforgung dienenden Waffers nicht fchon die nötige Höhenlage vorliegt, welche eine unmittelbare Zuleitung zur Verforgungsftelle geftattet, fo mufs zunächft eine künftliche Hebung erfolgen. Die hierzu dienlichen Hilfsmittel find fehr mannigfaltig, und die Anwendung des einen oder des anderen ift von den befonderen Verhältniffen der Anlage abhängig.

Bezeichnet T_{max} den gröfsten Tagesverbrauch (in Lit.), n die Anzahl der Arbeitsftunden, während welcher das Wafferhebewerk arbeitet, h (in Met.) die abfolute

Höhe, auf welche das Waffer gehoben werden mufs, δ die mit der Leitung, Hebung u. f. w. verbundene Druckverlufthöhe (in Met.), fo ift der reine Nutzeffekt (in Pferdeftärken), welchen die Hebungsmafchine leiften mufs, durch die Formel ausgedrückt:

$$N_r = \frac{T_{max}(h + \delta)}{3600\, n \,.\, 75}.$$

Je nachdem nun eine befondere Art von Wafferhebung gewählt wird, ift aufser diefem reinen Nutzeffekt noch ein Nebeneffekt zu vollbringen, entfprechend den bei der Hebung fich ergebenden verlorenen Arbeiten; der letztere ift umfo geringer, je vollkommener die Hebungsanlage ift.

Im allgemeinen wird man bei Koftenanfchlägen und allgemeinen Schätzungen guttun, die erforderliche mafchinelle Kraft N zum Vollbringen des vorhin berechneten Effektes N_r nie geringer als $1{,}25$ bis $1{,}50\, N_r$ in Rechnung zu ziehen.

456. Einrichtungen zum Heben des Waffers.

Ueber diefe allgemeine Angabe hinaus wird der Architekt die nähere Bearbeitung der Hebungsanlage felten ohne Mithilfe eines Mafchinentechnikers vollziehen, und wir geben deshalb im folgenden nur einen gedrängten Ueberblick über die verfchiedenen zur künftlichen Förderung des Waffers gebotenen Möglichkeiten.

Die Mafchinen zur Wafferhebung laffen fich in zwei Hauptabteilungen bringen: in Schöpfmafchinen und Pumpen. Zu den letzteren zählt man auch die Strahlvorrichtungen (Wafferftrahlpumpen).

Mit Handeimern kann ein Mann in der Minute etwa 100 l Waffer fchöpfen; ebenfo mit geftielten Eimern (Wafferfchapfen).

Ketteneimer an Winden find fehr häufig gebrauchte Wafferhebemafchinen. Um den Eimer auf den Wafferfpiegel abzulaffen, ift an einem über der Quelle oder dem Brunnen angebrachten Träger eine einfache Leitrolle oder Radwelle befeftigt, um welche die Kette fich fchlingt, die den leeren Eimer auf den Wafferfpiegel abläfst und zum Aufziehen des gefüllten Eimers dient. In der Regel befinden fich an der über die Leitrolle gehenden Kette zwei Eimer, fo dafs einer davon niedergeht, während der andere auffteigt.

Durch Drehen einer Welle fetzt man zum Schöpfen gröfserer Waffermengen Räder mit beweglichen und feften Eimern an ihrem Umfange, fodann folche mit Zellen und Spiralgängen, endlich Paternofterwerke und Wafferfchrauben (Schlangen) in Bewegung.

Pumpen werden entweder mittels eines Hebels, wie bei den gewöhnlichen Pumpbrunnen (Handpumpen), Feuerfpritzen, Balancierpumpen, getrieben oder von einer Welle mit Umdrehung, von welcher aus die Kolbenftange durch Kurbel und Pleuelftange hin und her bewegt wird. Der luftverdünnte Raum im Saugrohre, in welches fodann die atmofphärifche Preffung das Waffer nachtreibt, wird durch Abfaugen von Luft mittels eines gewöhnlichen Lederkolbens oder eines Taucherkolbens hergeftellt; bei Strahlvorrichtungen (Wafferftrahlpumpen) gefchieht das Abfaugen der Luft durch die Wirkung der Adhäfion zwifchen Luft und Wafferftrahl.

Aufser den Kolbenpumpen und Strahlvorrichtungen ftellen auch die Zentrifugalpumpen, Würgelpumpen und Pulfometer den luftverdünnten Raum im Saugrohre her.

Bei gröfserem Wafferbedarfe und insbefondere dann, wenn mafchinelle Kraft ohne bedeutenden Aufwand verfügbar ift, werden faft ausfchliefslich Kolben-, bezw. Taucherkolbenpumpen zum Wafferheben benutzt. Zentrifugalpumpen und Würgelpumpen dienen mehr für das Heben unreinen Waffers (behufs nachheriger Filtration). Pulfometer erwärmen das durch fie geförderte Waffer, weil bei ihnen der Dampf unmittelbar auf die Ventile, bezw. die zu hebende Wafferfäule wirkt; fie finden deshalb bei der Wafferverforgung nur ganz ausnahmsweife Verwendung.

Steht zur Speifung eines Gebäudes oder einer Gebäudegruppe eine mächtige, aber tiefliegende Quelle zur Verfügung, von welcher ein Teil genügt, um hinreichend Waffer zu liefern, fo kann der andere Teil als bewegende Wafferkraft verwendet und das Waffer gehoben werden. Man benutzt hierzu den hydraulifchen Widder

als die einfachfte und billigfte Hebemafchine; dem gleichen Zwecke dienen der *Schmid*'fche Motor (Kolbenmafchine), der *Kröber*'fche Motor mit feinen Abänderungen, fowie der *Hillebrand*'fche Motor u. a. Alle diefe Mafchinen geben einen Nutzeffekt von im Mittel ca. 70 Vomhundert, d. h. vernachläffigt man die Reibungsverlufte in den Rohrleitungen (oder führt fie durch Addition zur abfoluten Förderhöhe H ein) und wenn Q die Waffermenge der Quelle, q den Wafferbedarf in der Gebäudegruppe, h die Erhebung der Quelle, H die Erhebung des Wafferbehälters im Gebäude über der Pumpe bedeuten; fo findet die Beziehung ftatt:

$$0{,}70 \; Q \, h = q \, H.$$

Man wird, befonders bei etwas entlegenen Gebäuden und Gebäudegruppen, möglichft auf einfache, leicht zu bedienende und geringen Unterhaltungsaufwand erfordernde Mafchinen zu fehen haben. Der letztere wird, wenn Ausbefferungen fchwer auszuführen find, weil geeignete Fabriken fich nicht in der Nähe befinden, die Hauptrolle fpielen. Liegt die Quelle etwas entfernt, fo dafs die Bedienung der Mafchinen fehr viele Zeit erfordert, wenn der Wärter zum Anlaffen und Abftellen zwifchen Gebäude und Mafchinenhaufe hin- und hergehen mufs, fo empfehlen fich am beften die *Hillebrand*'fchen Motoren, welche fich von jeder Stellung aus felbfttätig in Bewegung fetzen, fobald dem Steigrohr an der Verforgungsftelle Waffer entnommen oder der Spiegel im Wafferbehälter gefenkt wird (Schwimmerventil vorausgefetzt), und welche alsbald zu arbeiten aufhören, wenn der Wafferbehälter gefüllt ift oder keine Wafferentnahme mehr ftattfindet.

Ift bei einer Wafferverforgung Waffer unter überfchüffig hohem Drucke, aber in ungenügender Menge oder von zu hohem Preife vorhanden, während geeignetes tiefliegendes Waffer in genügendem Mafse oder umfonft zu haben wäre, fo kann das Heben des tiefgelegenen Waffers durch eine Strahlvorrichtung (Anfaugen) mittels des Hochdruckwaffers erfolgen. In gleicher Weife vollzieht fich die Wafferhebung, wenn ftatt des Hochdruckwaffers Luft unter hohem Drucke zur Verfügung fteht. Auch mittels Wafferdampfes kann das Heben in der Strahlvorrichtung erfolgen, wobei aber felbftverftändlich das gehobene Waffer wefentlich erwärmt wird, was fich nur für vereinzelte Fälle eignet.

Als Kraftmafchinen für den Betrieb von Pumpen werden in neuerer Zeit auch vielfach Elektromotoren, in manchen Gegenden mit regelmäfsigen Windftrömungen auch Windräder benutzt; die befferen Konftruktionen arbeiten fowohl bezüglich der Richtung, als auch der Stärke des Windes felbftregelnd. Der unvermeidliche Uebelftand der Windräder, bei zu ftarker oder zu geringer Windgefchwindigkeit nicht arbeiten zu können, befchränkt ihre Anwendung auf Wafferverforgungen mit gröfseren Ausgleichbehältern, deren Inhalt nach der bekannten gröfsten Windftille zu bemeffen ift, wenn nicht für Erfatz in folchen Zeiträumen geforgt zu werden vermag. Für mittlere Verhältniffe kann man den nötigen Durchmeffer eines Windrades, welches eine reine Nutzarbeit von N Pferdeftärken leiften foll, annähernd fetzen:

$$D = 10 \sqrt{N}.$$

Möglichft hohes und freies Aufftellen der Windräder erhöht ihre Leiftungsfähigkeit fehr wefentlich [336]).

Selbftverftändlich kann jede Kraftmafchine für den Betrieb von Pumpen geeignete Verwendung finden, insbefondere alfo auch die Gasmotoren, die Heifsluftmafchinen, Dampf- und Waffermotoren aller Art; ferner Treträder, Göpelwerke u. f. w. und auch Menfchenkraft.

[336]) Siehe auch: Privat-Wafferleitungen durch Windmotoren-Betrieb. Deutfche Bauz. 1882, S. 394.
PFEFFER, W. Windmotoren zum Betriebe von Wafferleitungen. Deutfche Bauz. 1883, S. 133.

Der Luftdruck oder, richtiger geſagt, der durch Preſsluft erzeugte Druck kann auch noch in anderer als der eben angedeuteten Weiſe für die Waſſerverſorgung eines Gebäudes oder einer Gebäudegruppe Anwendung finden. Es beſtehen hierfur verſchiedene, meiſt patentierte Verfahren.

F. Daumann hat ſich eine Einrichtung patentieren[337]) laſſen, bei der in einem froſtfreien Kellerraum ein Waſſerbehälter und eine Luftdruckpumpe aufgeſtellt ſind. Eine Saugleitung führt vom Behälter in einen Brunnen (am beſten Rohrbrunnen) oder in ein freies Waſſer; durch Hervorbringen eines luftverdünnten Raumes wird das Waſſer in den Behälter geſchafft. Von dieſem aus wird mittels der durch die Pumpe erzeugten Preſsluft das Waſſer durch ein Steigrohr nach oben gehoben[338]).

Für diejenigen Fälle, in denen Einzelanweſen oder Gebäudegruppen ohne eine öffentliche Waſſerleitung mit Waſſer zu verſorgen ſind, hat die »Luftdruck-Waſſerhebungs-Geſellſchaft *Krauſe & Co.*« zu Berlin die folgende Einrichtung konſtruiert. Sie ſetzt das Vorhandenſein eines entſprechenden Schachtbrunnens voraus, in den ein luftdichter eiſerner Keſſel eingelaſſen und darin an zwei an der Brunnenwandung befeſtigten Stangen geführt werden kann. Im Boden dieſes Keſſels befindet ſich ein nach innen ſich öffnendes Ventil, durch das ſich der Keſſel mit Waſſer füllt, während er nach Maſsgabe ſeiner Füllung in die Tiefe ſinkt. An einer geeigneten Stelle des Gebäudes iſt ein Luftkeſſel aufgeſtellt, worin die Luft durch eine Luftdruckpumpe verdichtet wird. Der Luftkeſſel iſt durch eine Rohrleitung mit dem Waſſerkeſſel in Verbindung geſetzt, und von letzterem führt eine zweite Leitung nach den Verbrauchſtellen des Gebäudes. Iſt der Keſſel mit Waſſer gefüllt, ſo läſst man Preſsluft zuſtrömen, und dieſe drückt das Waſſer in die Waſſerrohrleitung; dabei ſchlieſst ſich infolge des Luftdruckes das Ventil im Boden des Waſſerkeſſels[339]).

Fig. 397.

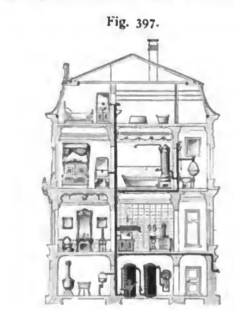


Fig. 398.

Pneumatiſche Waſſerhebeeinrichtung von *H. Hammelrath & Co.* zu Cöln-Lindenthal.

Endlich ſei noch der »pneumatiſche Waſſerhebeapparat« von *H. Hammelrath & Co.* zu Cöln-Lindenthal erwähnt, der gleichen Zwecken zu dienen hat. Er beſteht aus zwei in einem froſtfreien Raum aufgeſtellten Behältern: einem Waſſer- und einem Luftkeſſel (Fig. 397 u. 398), die luftdicht verſchloſſen und durch eine Rohrleitung miteinander verbunden ſind. Der Luftkeſſel iſt mit einer Luftpumpe verſehen, mit der nach Oeffnen des in der Rohrleitung zwiſchen beiden Behältern angebrachten Hahnes die zur Hebung des Waſſers aus dem Waſſerbehälter zu den höhergelegenen Verbrauchſtellen erforderliche Luftmenge zugeführt wird; meiſt genügt es, wenn die Luft im Windkeſſel auf 2 bis 3 Atmoſphären zuſammengepreſst wird.

Bei allen dieſen und ähnlichen Vorrichtungen iſt als vorteilhaft hervorzuheben, daſs ein Waſſerbehälter auf dem Dachbodenraum des betreffenden Gebäudes in Fortfall kommt und daſs man bei zweckmäſsigem Vorgang den Zapfſtellen faſt immer friſches Waſſer entnehmen kann.

337) D. R.-P. Nr. 72844.

338) Näheres hierüber: Baugwks.-Ztg. 1894, S. 782.

339) Näheres hierüber: Uhland's Techn. Rundſchau, Gruppe II, 1895, S. 46.

b) Verteilung des Waffers.

1) Anfchlufsleitung.

457.
Anfchlufs-
leitung.

Soll ein Gebäude, eine Gebäudegruppe, ein Grundftück u. f. w. an ein öffentliches ftädtifches Wafferwerk »angefchloffen« werden, fo zweigt vom Wafferleitungsrohre der betreffenden Strafse nach dem zu verforgenden Gebäude, bezw. Grundftück, die fog. Anfchlufsleitung ab und reicht bis an die Grenze des letzteren. Für die Lichtweite diefer Zuleitung gilt das in Art. 452 (S. 428) Gefagte; man beftimmt übrigens diefe Lichtweite auch nach der Anzahl der Zapfftellen. Da diefe letzteren verfchiedene Kaliber haben, legt man das kleinfte Kaliber von 13 mm Weite zu Grunde; gröfsere Kaliber entfprechen dann mehreren Zapfftellen.

Im allgemeinen follte die Weite einer Anfchlufsleitung nicht weniger als 25 mm betragen; eine folche vermag bei 30 bis 50 m Wafferdruck in der Strafsenleitung noch ca. 10 bis 20 Zapfftellen reichlich zu verforgen. Man rechnet ferner:

auf 20 bis 40 Zapfftellen ein Zuleitungsrohr von 30 mm Lichtweite,
» 40 bis 60 » » » » 40 » »
» 60 und mehr » » » » 50 » »

Für Gewerbewaffer und für Hydranten u. f. w. ift die Lichtweite des Zuleitungsrohres vorkommendenfalls gröfser als 50 mm zu wählen und rechnungsmäfsig feftzufetzen.

Fig. 399.

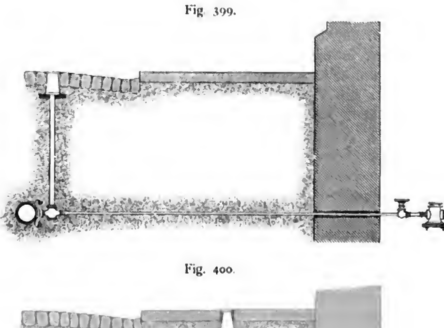
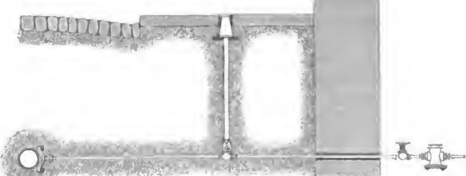


Fig. 400.



Abzweigungen von der Strafsenleitung.
1/50 w. Gr.

458.
Art der Abzweigung.

Die einfachfte Ausführung der für die Anfchlufsleitung erforderlichen Abzweigung gefchieht durch Anbohren des Strafsenrohres, indes meift nur für die am häufigften angewendeten Lichtweiten der Zuleitung von 25 und 30 mm. Fig. 399 zeigt eine Anordnung, bei welcher das Zweigrohr mittels Rohrfchelle an das Strafsenrohr angedichtet und unmittelbar hinter der Dichtung das ftädtifche Abfperrventil eingefchaltet ift. Letzteres kommt hier in die Fahrbahn der Strafse zu liegen, während in Fig. 400 die Anordnung fo getroffen ift, dafs fich das ftädtifche Abfperrventil im Bürgerfteig befindet.

Fig. 401 zeigt die zum Abdichten und Befeftigen der Anfchlufsleitung erforderliche Rohrfchelle in gröfserem Mafsftabe, während Fig. 402 dasjenige Ver-

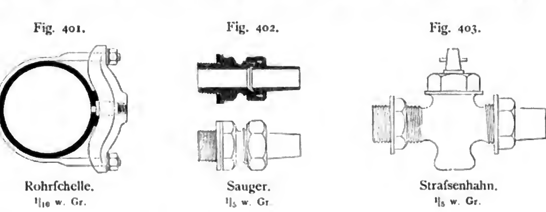


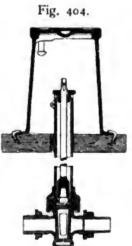
Fig. 401. Rohrfchelle. 1/10 w. Gr.

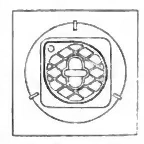
Fig. 402. Sauger. 1/5 w. Gr.

Fig. 403. Strafsenhahn. 1/5 w. Gr.

bindungsftück, Sauger genannt, darftellt, mittels deffen man früher, ehe Rohrfchellen angewendet wurden, die Verfchraubung unmittelbar in die Rohrwand oder, bei dünnwandigeren Rohren, in ein ihr angegoffenes Auge eindrehte. Fig. 403 zeigt das Abfperrventil in Form eines Kegelhahnes; ftatt deffen verwendet man in der neueren Zeit vielfach kleine Schieber. Ueber dem Schieber, bezw. Hahn, fteht das Schutzrohr für die unter die Strafsenkappe (Fig. 404) auffteigende Schlüffelftange, durch welche der Schieber oder der Strafsenhahn geöffnet oder gefchloffen wird. Manchmal findet man auch befondere Schächte zum Abfperrventil angeordnet.

Fig. 404.





Strafsenhahn mit Kappe.
1/10 w. Gr.

Nach dem Eintritte der Anfchlufsleitung in das Grundftück ift ein dem Wafferabnehmer zugängliches Abfchlufsventil angeordnet. Dient das letztere, wie meiftens der Fall, gleichzeitig zum Entleeren der Hausleitung, fo befindet fich der Waffermeffer nicht, wie in Fig. 399 u. 400 angedeutet, hinter, fondern vor diefem Ventil, da anderenfalls die Gefahr befteht, dafs der Zuleitung Waffer mittels Schlauch entnommen werden kann, welches den Waffermeffer nicht durchläuft.

Angefichts des Umftandes, dafs das ftädtifche Ventil felten gebraucht wird und dafs die Wafferwerksverwaltung fich vorbehalten kann, das Abfperren der Leitung im Privatgrundftücke felbft zu vollziehen, wird das erftere auch häufig weggelaffen, was einer nicht unbedeutenden Erfparnis gleichkommt.

Anzufugen ift noch, dafs bei neueren Wafferverforgungen das Abzweigen der Anfchlufsleitung nicht feitlich des Strafsenrohres, fondern nach oben gehend angeordnet wird, damit

Fig. 405. Fig. 406.

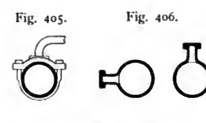
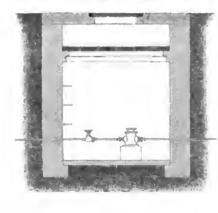
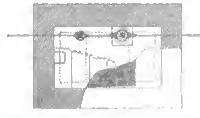


Fig. 407.





Privathauptventil und Waffermeffer.
$^1|_{50}$ w. Gr.

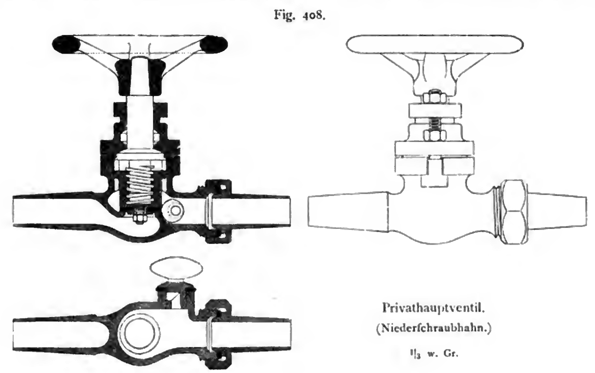
fämtliche Privatleitungen zufammen eine gründliche Entlüftung des Strafsenrohrnetzes bewirken. Das Strafsenrohrnetz liegt in diefem Falle etwas tiefer, und die Anfchlufsleitung erhält nach ihrer Abzweigung ein kurzes Bogenftück (Fig. 405).

An der dargeftellten allgemeinen Anordnung wird nichts geändert, wenn ftatt des Anbohrens der Strafsenleitung, welche unter Druck ohne vorhergegangenes Entleeren des Rohrftranges erfolgen kann, die Abzweigung unter Benutzung eines in die Strafsenleitung eingefchalteten befonderen Stutzens gefchieht. Vor der Benutzung ift der Stutzen durch einen Blindflanfchdeckel gefchloffen; nach Wegnehmen des Deckels, wobei das Strafsenrohr entleert werden mufs, erfolgt der Anfchlufs mittels Flanfchenrohr, was bei Verwendung gufseiferner Rohre fehr einfach (Fig. 406) zu bewerkftelligen ift.

Mufs das Aufftellen des Privathauptventils und des Waffermeffers aufserhalb der Gebäude erfolgen, fo werden beide Vorrichtungen in einem gemauerten, mit einer Eifenplatte oder einem Bohlenbelag abzudeckenden Schachte aufgeftellt, wie er in Fig. 407 veranfchaulicht ift. Der Schacht erhält einen Zwifchenboden, um im Winter durch Einbringen eines fchlechten Wärmeleiters das Einfrieren des Waffers in der Leitung zu verhindern.

Gegenüber dem Abzweigen von Rohrftutzen aus hat das Anbohren der Rohre den Vorzug, dafs man die Abzweigungsftelle an jeden beliebigen Ort zunächft dem Punkte, an welchem die Anfchlufsleitung in das zu verforgende Grundftück eingeführt

Fig. 408.



Privathauptventil.
(Niederfchraubhahn.)
$^1|_3$ w. Gr.

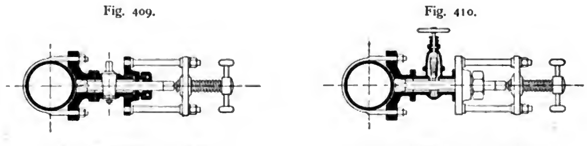
werden foll, verlegen kann. Die Stutzen können dagegen während des Rohrlegens nur annähernd an den fpäter für die Abzweigung geeignet fcheinenden Platz gebracht werden; die Anfchlufsleitungen werden deshalb häufig etwas länger. Die letztere Anordnung ift indeffen folider und deshalb in der neueren Zeit faft ausfchliefslich im Gebrauche.

Hinfichtlich der Konftruktion der Abfperrvorrichtungen ift zu bemerken, dafs Hähne, fobald fie längere Zeit im Gebrauche waren, fich fchwer drehen laffen und undicht werden. Sie werden deshalb meift durch Ventile, wie fie in Fig. 408 dargeftellt find, oder durch Schieber erfetzt.

Auch bei Anbohrungen unter Druck ift es keineswegs unvermeidlich, Kegelhähne anzuwenden; das Anbohren kann vielmehr ebenfowohl unter Anwendung eines Schiebers vollzogen werden.

In Fig. 409 ift eine Anbohrung unter Druck mit gufseiferner Rohrfchelle, Kegelhahn und Zylinderbohrer, in Fig. 410 eine folche unter Druck mit gufseiferner

Fig. 409. Fig. 410.



Anbohrwerkzeug mit Hahn. Anbohrwerkzeug mit Schieber.

1/20 w. Gr.

Rohrfchelle, Schieber und Zylinderbohrer dargeftellt. Ift das Rohr durchbohrt, fo wird der Bohrer bis hinter den Verfchlufs zurückgezogen und fodann der Hahn oder Schieber zugedreht; nach diefer Verrichtung kann die Wegnahme des Bohrgerätes und der Leitungsanfchlufs erfolgen.

459. Material der Leitung.

Die Anfchlufsleitungen werden aus Rohren von Gufseifen, von Schmiedeeifen und von Blei, bezw. Zinn mit Bleimantel hergeftellt, und die Anfichten bewährter Fachmänner über das zweckmäfsigfte Material find noch auseinandergehend. Als das geeignetfte Material für den vorliegenden Zweck betrachten wir, fobald das in Art. 454 (S. 429) in diefer Beziehung Gefagte Berückfichtigung findet, das Gufseifen, und da in den befferen Giefsereien Rohre von 25 mm ab aufwärts in fchöner Ausführung erhältlich find, follte unferes Erachtens von der Strafse bis in das Haus kein anderes Zuleitungsrohr in Verwendung kommen, wenn nicht ganz befondere Umftände, z. B. Moorboden, Salzgehalt im Boden u. f. w., dagegen fprechen.

Die zur Verwendung kommenden gufseifernen Rohre find innen und aufsen gut zu afphaltieren, um das Bilden und das Anhaften von Roft in der Leitung fo viel als möglich zu verhüten. Die Verbindung der einzelnen Rohre erfolgt entweder durch Flanfche und zwifchengelegte Blei- oder Gummidichtungen, welch letztere zur befferen Widerftandsfähigkeit mehrfache Hanfeinlagen erhalten, oder durch Muffen mit Bleidichtung. Zur Dichtung diefer Muffen dient als unterfte Lage eine Schicht mit Leinöl getränkten Hanfgarnes, hierauf als zweite Lage eine Schicht reinen geteerten Hanfgarnes, während der obere Teil der Muffe durch einen eingegoffenen und gut mit Meifseln verftemmten Bleiring ausgefüllt wird. Flanfchenrohre koften erheblich mehr als Muffenrohre. Man kommt der Wahrheit ziemlich nahe, wenn man für erftere etwa die 1½fachen Preife der Muffenrohrleitung in Anfatz bringt.

Für die Einzelmafse der gufseifernen Rohre find Feftfetzungen des »Vereines der Gas- und

Waſſerfachmänner Deutſchlands«, ſowie des »Vereins deutſcher Ingenieure«[340]) maſsgebend; auch die Formſtücke, wie Bogenrohre (Krümmer), Anſatzrohre, Uebergangsrohre, Doppelmuffen (Ueberſchieber) u. ſ. w. ſind in der Normaltabelle dimenſioniert. Es iſt ſtets empfehlenswert, nicht allein aus Erſparnisrückſichten, ſondern auch wegen des ſpäter jederzeit möglichen leichten Erſatzes einzelner Beſtandteile einer Rohrleitung, möglichſt nur Normalformſtücke zu verwenden.

Fig. 411.

Die Muffenrohre können auch mit Gummidichtung verſehen werden, in welchem Falle der ganze Zwiſchenraum zwiſchen Muffe und Schwanzende mit einem guten Gummiring, wie in Fig. 411 gezeichnet, ausgefüllt wird. Das Innere der Muffe muſs etwas kegelförmig ſein und erhält ringförmige Austiefungen, in welchen ſich der Gummiring, nachdem er beim Einſchieben plattgedrückt wurde, feſthält; die Muffentiefe t beträgt bei allen Lichtweiten in dieſem Falle 95 mm.

Dieſe Art der Rohrverbindung iſt ſehr willkommen, wenn es ſich um das Verlegen von Rohren unter ſtarkem Waſſerzudrange u. ſ. w. handelt; für die im Trockenen zu verlegenden Rohre zieht man, mangels genügender Erfahrungen über die Haltbarkeit, bezw. Dauer des Gummis, die Bleidichtung noch vor.

Für die Anſchluſsleitungen kommen wohl auch ſchmiedeeiſerne und Bleirohre zur Anwendung.

Bezüglich der ſog. galvaniſierten, d. i. durch einen Zinküberzug gegen das Roſten geſchützten ſchmiedeeiſernen Rohre wird noch in Art. 468 gezeigt werden, daſs dieſer Ueberzug nur ſo lange gegen Roſt ſichert, als er nirgend äuſserlich verletzt iſt. Dies iſt indes bei den Handhabungen mit den Rohren, beim Zuſammenſchrauben mittels rauher Rohrzangen, durch das Anſchneiden der Gewinde und ſonſtige Angriffe faſt ausgeſchloſſen. Deshalb iſt das Verlegen ſolcher Rohre in den Boden nicht zu empfehlen.

Da Bleirohre äuſseren mechaniſchen Einwirkungen wegen der Weichheit des Materials wenig Widerſtand entgegenſetzen, iſt für ihre Anwendung zu Anſchluſsleitungen Vorſicht geboten.

Es iſt vorgekommen, daſs Ratten Bleirohre vollſtändig durchgefreſſen haben. Auch iſt zu beachten, daſs das Erdreich, durch welches die Leitung gelegt werden ſoll, auſsergewöhnlich kalkhaltig iſt; Kalk in Begleitung von Feuchtigkeit greift Blei ſehr kräftig an und würde es in kürzeſter Zeit vollſtändig zerſtören[341]).

Endlich muſs noch der Steinzeugrohre und der Zementrohre gedacht werden, die wohl auch hie und da Anwendung gefunden haben, wenn die Preſſung in der Leitung nicht zu groſs iſt und wenn andere Vorbedingungen erfüllt ſind. Dieſe Rohre haben den Metallrohren gegenüber drei Hauptvorzüge:

1) das Waſſer bleibt bei der Bewegung in dieſen Rohren reiner und friſcher als in Metallrohren, gleiche Bodendeckung vorausgeſetzt;
2) die Haltbarkeit ſolcher Rohre iſt erfahrungsgemäſs gröſser als jene der Metall-, insbeſondere der guſseiſernen Rohre, und
3) die fertigen Rohrſtränge werden bei gleichen Lichtweiten weſentlich billiger als jene aus Metallrohren.

Vielfach werden auch Zementrohre und Tonrohre für Leitungen mit weſentlichem innerem Ueberdrucke verwendet; ſo ſind z. B. zur Waſſerverſorgung für die Städte Barcelona, Nizza, Grenoble, Autun, Nimes, Vevey u. a. Zementrohre mit einer, bezw. mehreren Atmoſphären Ueberdruck in groſsen Mengen verlegt worden, für eine groſse Zahl elſäſſiſcher Städte Tonrohre u. ſ. w.

340) Vergl. die Normaltabelle für guſseiſerne Flanſche und Schieber, Ventile, Hähne und Muffenröhren in Teil I, Band 1, erſte Hälfte (Abt. I, Abſchn. 1, Kap. 6, unter b) dieſes »Handbuches«.

341) Siehe: Rossel, A. Ueber die Einwirkung verſchiedener Subſtanzen und Baumaterialien auf Bleiröhren. Schweiz. Gwbbl. 1880.

Indeffen lehrt doch die Erfahrung, dafs die hergeftellten Leitungen bei den geringften Bodenfenkungen platzen, und zwar bei gleichem Ueberdrucke umfo leichter, je gröfser ihre Lichtweiten find; fie bieten deshalb, abgefehen davon, dafs Anfchlüffe fehr fchwer fachgemäfs eingefügt werden können, nicht die für jede Wafferverforgung in erfter Linie erforderliche Sicherheit des ununterbrochenen Wafferbezuges. Anders ift dies bei Leitungen ohne inneren Ueberdruck; diefe unterliegen der Gefahr des Platzens nicht und haben die obenerwähnten Vorzüge. Frifch bleibt das Waffer darin, weil die kapillare Feuchtigkeit in der Rohrwandung an der äufseren Oberfläche des Rohrftranges bei von aufsen zudringender Wärme ein Verdampfen von Waffer in die Grundluft erzeugt, wodurch im Sommer der Rohrwand Wärme entzogen wird. Dauerhaft haben fich Rohre aus Ton und zementierte Kanäle an den jahrtaufendealten Leitungen der Römer bis heute erwiefen, während alle Metallrohre, je nach der Befchaffenheit des Bodens, in welchen fie verlegt find, nur eine fehr begrenzte Dauer haben. Endlich betragen, den billigften Metallrohren gegenüber, die Koften gleich weiter Rohrftränge aus Ton oder Zement — je nach Bezugsquelle und Verlegungsort — die Hälfte und noch weniger, fofern es fich nicht um ganz kleine Lichtweiten handelt.

Fig. 412.

Druckverminderungsventil. — 1/8 w. Gr.

Man mufs bei Verwendung von Zementrohren fehr darauf achten, dafs, wie bereits früher erwähnt, gröfsere Gefchwindigkeiten des Waffers als 1,00 m in der Sekunde nicht vorkommen, da fonft die Rohrwandungen mechanifch angegriffen werden; auch bei Tonrohren follte die Gefchwindigkeit das Mafs von 1,50 m nicht überfteigen. Sodann dürfen Rohrleitungen diefer Art nur in ganz gleichmäfsiges Gefälle gelegt werden, weil fonft eine ftofsweife, das Zerftören der Rohrwandungen befördernde Bewegung des Waffers eintritt. Endlich dürfen die Rohre nur auf gewachfenem, unnachgiebigem Boden verlegt werden, da fie bei fteifen Verbindungen und nachfolgendem Setzen des Untergrundes leicht brechen.

Bei gröfseren Lichtweiten werden Zementrohre billiger als Tonrohre, und es ift überhaupt nicht ratfam, Tonrohre von mehr als 600 mm Lichtweite zu verwenden.

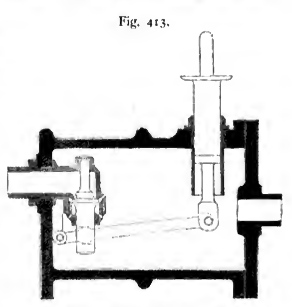
460. Tiefenlage der Leitung.

Die Zuleitungen zu den Grundftücken müffen im deutfchen Klima mindeftens 1,20 bis 1,50 m Bodendeckung über fich haben, wenn fie vor den Einwirkungen des Froftes im Winter und der Hitze im Sommer gefchützt werden follen. Abweichungen von diefer Regel find nur dort zuläffig, wo eine ftändige Bewegung des Waffers in der Anfchlufsleitung ftattfindet, wenn z. B. ein immer laufender Brunnen (Springbrunnen u. f. w.) oder ein fonftiger ununterbrochener Ablauf im Privatgrundftucke vorhanden ift.

461. Einrichtungen zur Druckverminderung.

Es kann ausnahmsweife vorkommen, dafs man auf eine Hausleitung oder einen ihrer Teile nicht den vollen Druck der Strafsenleitung einwirken laffen möchte. In diefem Falle pflegt man Druckverminderungs-(Druckreduktions-)Ventile, wie in Fig. 412 u. 413 dargeftellt, einzufchalten.

Fig. 413.



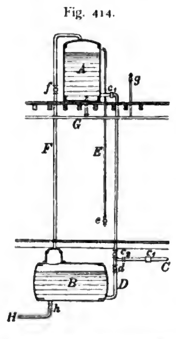
Druckverminderungsventil.
1/5 w. Gr.

Bei beiden Ventilen kann die Preſſung in der Privatleitung nach Belieben geregelt werden: bei Fig. 412 durch Abſpannen der Feder mittels des Handrades, bei Fig. 413 durch Beſchweren der nach auſsen gerichteten Kolbenſtange. Solche Einrichtungen ſind jedoch ſehr empfindlich, und wenn die Ventile undicht werden, kommt bei geſchloſſenen Ausläufen doch der ganze Druck der Hauptleitung zur Wirkung. Unter keinen Umſtänden ſollte man im Vertrauen auf ihre Wirkſamkeit die Hauseinrichtung für leichtere Preſſungen, alſo in geringerer Konſtruktion, herſtellen.

462. Einrichtungen zur Druckerhöhung.

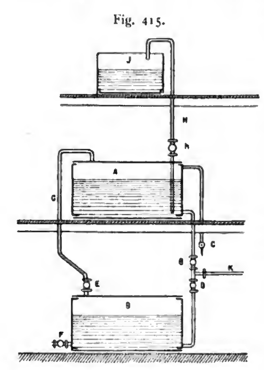
Häufig genügt der Druck einer vorhandenen Waſſerleitung nicht, um den höchſten Stellen des Gebäudes das Waſſer mit ſolchem Druck zuzuführen, wie dies zum Spülen hochgelegener Spülaborte, für Feuerlöſchzwecke und dergl. notwendig iſt. In ſolchen Fällen muſs man entweder das Waſſer mittels eines Pumpwerkes empordrücken, oder man benutzt, geringeren Waſſerverbrauch vorausgeſetzt, die *Stumpf*'ſche Einrichtung[342]), wobei unter Benutzung der atmoſphäriſchen Luft die Niederdruckwaſſerleitung ſelbſt zum Uebertragen ihrer Preſſung nach höhergelegenen Gebäudeſtellen verwendet wird. Dieſes Verfahren, welches wohl auch als »pneumatiſch« bezeichnet wird, beruht auf dem Grundgedanken des bekannten Heronsbrunnens.

Fig. 414.



In Fig. 414[343]) iſt der obere Behälter *A* ſo gelegen, daſs er mittels der vorhandenen Waſſerleitung *c* noch gefüllt werden kann. Zu dieſem Zwecke füllt man den Hahn c_2 (c_1, c_1 ſind Rückſchlagventile) und läſst zugleich durch den Hahn *e* aus dem Behälter *A* Luft entweichen. Sobald aus letzterem Waſſer abflieſst, erkennt man, daſs er gefüllt iſt; infolgedeſſen ſchlieſst man die Hähne c_2 und *e*. Nunmehr läſst man das Leitungswaſſer durch den Hahn *d* in den unteren Behälter *B*, der mit Luft gefüllt iſt, eintreten; mittels des Hahnes *f* ſtellt man alsdann zwiſchen den beiden Behältern die Verbindung her. Hierdurch wird die Luft im Behälter *B* auf denjenigen Druck zuſammengepreſst, welcher dem Drucke der Waſſerleitung und der Höhenlage dieſes Behälters entſpricht. Dieſer Druck wird nun durch das Luftrohr *F* nahezu unvermindert auf den Waſſerſpiegel im Behälter *A*, der bisher unter dem gewöhnlichen Atmoſphärendruck geſtanden hat, übertragen. Infolgedeſſen iſt es möglich, den Hähnen *g* des Verteilungsrohres *G* kräftige Waſſerſtrahlen entſtrömen zu laſſen.

Fig. 415.



Auf dem flachen Lande hat man nicht ſelten eine Waſſerleitung mit natürlichem Gefälle zur Verfügung, die zwar eine ausreichende Waſſermenge liefert, deren Druck aber verhältnismäſsig gering iſt. Alsdann kann man unter Benutzung des gleichen Grundgedankens das Waſſer in höhergelegene Behälter heben.

In Fig. 415[343]) ſind 3 Behälter *B*, *A* und *J* vorhanden. Davon iſt *A* in ſolcher Höhe angeordnet, daſs er von der Leitung aus, durch Oeffnen der Hähne *B* und *C*, gefüllt werden kann. Iſt letzteres geſchehen, was man daran erkennen kann, daſs bei *C* Waſſer ausflieſst, ſo ſchlieſst man *B* und *C* und öffnet *D* und *E*; infolgedeſſen ſtrömt das Leitungswaſſer in den tief-

342) D. R.-P. Nr. 22593.

343) Nach: Zeitſchr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1885, S. 509 u. 510.

liegenden Hilfsbehälter *B* und verdichtet die in diefem befindliche Luft; der Druck der letzteren überträgt fich durch das Rohr *G* nahezu unvermindert auf den Wafferfpiegel im Behälter *A*. Oeffnet man nun den Hahn *h* des Steigrohres *H*, fo kann das Waffer — der hervorgebrachten Druckerhöhung entfprechend — in den höhergelegenen Behälter *J* gehoben werden; alsdann können aus letzterem Verbrauchsftellen mit Waffer gefpeift werden, die durch die natürliche Leitung nicht zu erreichen waren[344]).

2) Wafferbehälter.

463.
Wafferbehälter.

Werden einzelne Gebäude oder Gebäudegruppen aus einem öffentlichen Wafferwerke mit Waffer verfehen, bei welchem die Wafferlieferung ununterbrochen und ohne Einfchränkung der Entnahmemenge gefchieht, fo ift das Aufftellen eines Verteilungsbehälters nicht erforderlich. In den meiften anderen Fällen dagegen wird es vorteilhaft fein, durch Anlage eines befonderen Wafferbehälters (Refervoirs) eine jederzeitige beliebige Benutzung des Waffers zu ermöglichen.

Erfte Bedingung für einen derartigen Verteilungsbehälter ift, dafs er fich in einer Höhenlage befinde, welche fämtliche Ausläufe der Leitung beherrfcht. Für den Rauminhalt ergibt fich als kleinftes Mafs der Vergleich des regelmäfsigen Zulaufes mit den hiervon abweichenden Verbrauchsmengen innerhalb kürzerer Zeiträume; im übrigen kann ein Wafferbehälter nie zu grofs angelegt werden. Das Auffpeichern eines halben Tagesbedarfes follte, wenn möglich, bei Beftimmung des Rauminhaltes als Kleinftmafs feftgehalten werden.

Ift es nicht möglich, in einem Gebäude ohne Beeinträchtigung feiner verfchiedenen Zwecke einen einzigen Wafferbehälter von dem eben gedachten Inhalte zu erbauen, oder hat man ein Intereffe daran, den Betrieb in Hochdruck und Niederdruck zu teilen, fo können mehrere Behälter an die Stelle eines einzelnen treten. Die Koften werden dabei felbftverftändlich erhöht. Einige Vorteile diefer Anordnung find:

1) Verfagt einer der Wafferbehälter, fo kann — entfprechende Anordnung vorausgefetzt — die Wafferverteilung durch die übrigen ftattfinden; fonach tritt eine vollftändige Unterbrechung der Wafferverforgung nicht ein, was in Rückficht auf die nötige Reinigung der Behälter fehr wertvoll ift.

2) Grofse Behälter erfordern fehr kräftige Unterftützungen, alfo meift befondere Unterbauung.

3) Das Unterbringen kleinerer Behälter in froftfreien Räumen ift leichter durchführbar und ihre Unterhaltung einfacher als bei gröfseren Behältern.

4) Für gewiffe Zwecke, z. B. für das Begiefsen der Gärten, ift ein langes Lagern des Waffers von erheblichem Nutzen, während dies für andere Zwecke, insbefondere für das Genufswaffer, ein Nachteil ift.

Verteilungsbehälter, welche im Dachgefchofs der zu verforgenden Gebäude oder in befonderen turmartigen Bauten und dergl. Aufftellung zu finden haben, follten immer in einem eigenen Raume untergebracht werden, der gut erleuchtet und gelüftet ift und zu dem Staub, Vögel, Katzen und Gewürm keinen Zutritt haben.

464.
Zu- und
Ableitungen.

Jeder Wafferbehälter mufs, wenn er auf Vollftändigkeit Anfpruch machen foll, eine Zuleitung und dreierlei Ableitungen befitzen, und zwar:

1) Die Zuflufsleitung, auch Einlauf genannt, welche das Waffer von der Entnahmeftelle in den Behälter führt. Wird das Waffer künftlich gehoben, fo tritt das Steig- oder Druckrohr an ihre Stelle.

2) Die Abflufsleitung, auch Ablauf geheifsen, die das im Behälter aufgefpeicherte Waffer feiner Beftimmung zuführt, im vorliegenden Falle alfo dem Hausrohrnetz.

[344]) Eine derartige Schaffung von Hochdruckbehältern für Feuerlöfchzwecke ift im Marientheater zu St. Petersburg zur Ausführung gekommen. Hierüber, fowie über die *Stumpf*'fchen Einrichtungen im allgemeinen fiehe:

HERHOLD. Ueber die Verwendung des Luftdruckes in der Waffer-Verforgung. Zeitfchr. d. Arch.- u. Ing.-Ver. zu Hannover 1885, S. 509.

HEROLD. Ueber Pneumatik in der Waffer-Verforgung. Deutfche Bauz. 1885, S. 222.

Verwendung des Luftdruckes in den Wafferverforgungen. Centralbl. d. Bauverw. 1885, S. 202.

STUMPF, G. Ueber Pneumatik bei Wafferverforgung. Gefundh.-Ing. 1885, S. 89.

3) Der Ueberlauf, auch Entlaftungsleitung genannt, mittels deffen erzielt wird, dafs der Wafferfpiegel im Behälter eine gewiffe gröfste Höhenlage nicht überfteigt, durch den alfo überfchüffiges Waffer abgeleitet wird.

4) Die Entleerungsleitung, auch Leerlauf geheifsen, mittels deren die gefamte im Behälter enthaltene Waffermenge zum Abflufs gebracht, der Behälter alfo vollftändig entleert werden kann.

Bisweilen find die Ableitungen vollftändig voneinander getrennt. Nicht felten werden aber Ueberlauf und Entleerungsrohr zufammengeführt. Seltener ift die Vereinigung von Ablauf und Ueberlauf, bezw. Leerlauf.

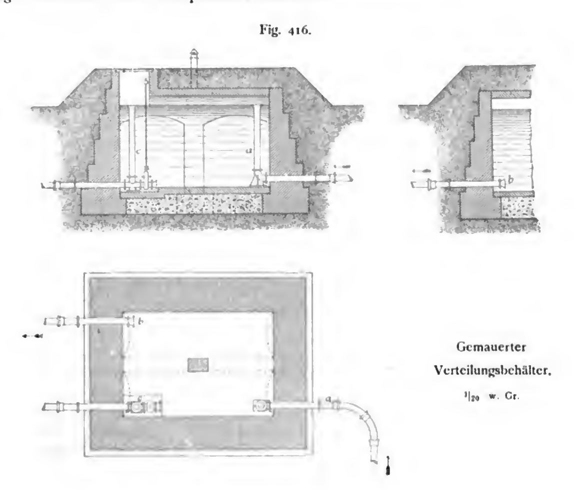
Die Entleerungsleitung und das Ueberlaufrohr folcher Hausbehälter dürfen unter keinen Umftänden mit Aborten oder mit den Abortfallrohren verbunden werden; erftere foll fich über einem befonderen Ausgufs frei entleeren; letzteres wird am beften durch die Aufsenmauer in das Freie geführt, wo feine Tätigkeit fofort fichtbar wird und die Aufmerkfamkeit der Hausbewohner auf fich zieht. In rauheren Klimaten ift diefes Verfahren allerdings nicht zuläffig, und man mufs alsdann das Ueberlaufrohr gleichfalls nach einem Ausgufs führen.

465.
Konftruktion: Gemauerte und betonierte Behälter.

Für die Konftruktion der Verteilungsbehälter hat man zu unterfcheiden, ob fie in den Boden eingebaut werden können (was übrigens nur felten vorkommen wird), oder ob fie im Dachgefchofs oder fonft einem hohen Punkte der Gebäude, bezw. auf einem befonderen Unterbau aufgeftellt werden follen.

Geftatten die Verhältniffe den Einbau des Wafferbehälters in den Boden, fo genügt es für kleine Anlagen, einen wafferdichten Schacht, welcher innen mit einem hartgefchliffenen Zementputz zu verfehen ift, herzuftellen und ihn in doppelten Lagen mit Stein- oder Eifenplatten abzudecken.

Fig. 416.



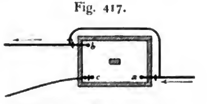
Gemauerter Verteilungsbehälter.

$^1/_{20}$ w. Gr.

Gröfsere Behälter werden überwölbt und zum Schutze gegen Temperatureinflüffe in einer Höhe von mindeftens 1 m mit Erde überdeckt. Sie werden entweder gemauert, in den meiften Fällen aus Backfteinen, oder aus hydraulifchem Beton hergeftellt. Fig. 416 ftellt einen kleinen gemauerten Wafferbehälter dar.

Seine Sohle ift aus Beton in einer Stärke von nicht unter 40 cm hergeftellt, worauf 3 Steinflachfchichten zu liegen kommen. Der Behälter befitzt einen Einlauf *a* als Ueberfall konftruiert, einen einfachen Ablauf *b* und eine Ueberlauf- und Entleerungsleitung *c*. Nach Fig. 417 ift die Zuleitung mit der Ableitung durch einen Rohrftrang verbunden, fo dafs man durch 2 Abfperrfchieber den Behälter aus der Leitung ausfchalten kann. Der Wafferbehälter erhält eine Einfteigeöffnung. Zur Verhütung des Eindringens von unreinem Waffer und Schmutz ift der Schachtdeckel vollftändig dicht einzufetzen. Sicherer, aber etwas teuerer ift die Anordnung eines vom Wafferbehälter getrennten Einfteigefchachtes.

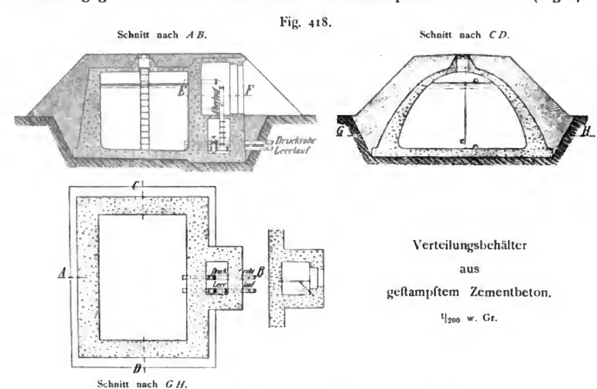
Fig. 417.



Verteilungsbehälter mit Umlauf.

In neuerer Zeit werden die Wafferbehälter häufig in hydraulifchem Beton, bisweilen auch in Eifenbeton ausgeführt. Umfaffungswände und Deckengewölbe werden nicht felten zu einem gemeinfchaftlichen Konftruktionsteil vereinigt, wodurch bei zweckmäfsig gewählter Form nennenswerte Materialerfparnis erzielt wird (Fig. 418).

Fig. 418.



Verteilungsbehälter aus geftampftem Zementbeton.

1/200 w. Gr.

Doch werden für die Ueberdeckung wohl auch eiferne I-Träger mit zwifchengefpannten Betonkappen verwendet. Eine vergleichende Koftenberechnung wird für die Wahl der einen oder der anderen Konftruktionsweife mafsgebend fein.

466. Hölzerne und eiferne Behälter.

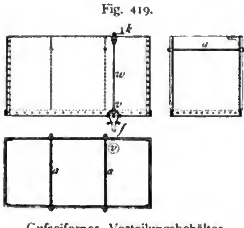
Verteilungsbehälter, welche im Dachgefchofs der zu verforgenden Gebäude oder in befonderen turmartigen Bauten aufzuftellen find, werden in der Regel aus Holz oder aus Eifen hergeftellt; doch find auch hier Eifenbetonkonftruktionen nicht ausgefchloffen.

Hölzerne Behälter werden nur felten (in Amerika) ähnlich wie Fäffer aus ftarken Holzdauben zufammengefügt und durch eiferne Reifen oder Zugbänder zufammengehalten; fie find auf die Dauer nur fchwer wafferdicht zu erhalten. Meiftens werden

Holzbehälter als viereckige Kaſten aus ſtarken Brettern oder aus Bohlen zuſammengeſetzt und innen, um die erforderliche Waſſerdichtigkeit zu erzielen, mit Zinkblech verkleidet; die Zinkblechtafeln müſſen ſorgfaltig aneinander gelötet werden. (Vergl. die Waſſerverſorgung einer Villa auf S. 484 und die beigefügte Tafel.)

Guſseiſerne Behälter werden häufig in prismatiſcher Form (mit rechteckigem Grundriſs, Fig. 419) ausgeführt; man findet jedoch auch gröſsere guſseiſerne Waſſerbehälter in runder Form aus Muffenringen oder verflanſchten Segmentſtücken hergeſtellt. Sie ſind zwar ſchwerer als ſchmiedeeiſerne Behälter von gleichem Faſſungsraume, leiden aber weniger durch den Roſt.

Fig. 419.

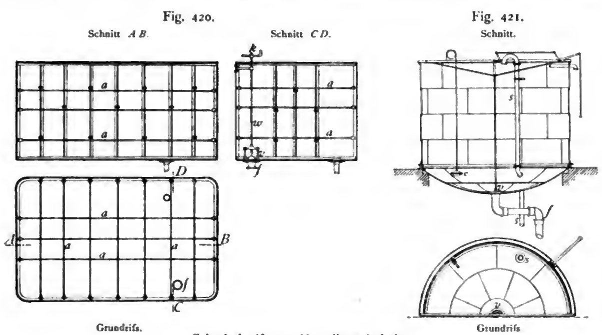


Guſseiſerner Verteilungsbehälter.
1/100 w. Gr.

Prismatiſche guſseiſerne Behälter werden aus einzelnen Platten (aus Herdguſs) von 8 bis 15 mm Stärke zuſammengefügt; die letzteren ſind mit angegoſſenen Flanſchen verſehen, mit Hilfe deren ſie zuſammengeſchraubt werden. Schmiedeeiſerne Ankerſtangen *a*, *a* (von 10 bis 20 mm Dicke) halten je zwei gegenüberliegende Wände zuſammen. Die erforderliche Waſſerdichtheit wird durch Gummi- oder ſonſtige Einlagen, die zwiſchen die Flanſche gebracht werden, oder durch Eiſenkitt erzielt.

Schmiedeeiſerne Behälter, die in den Dachgeſchoſſen der betreffenden Gebäude aufgeſtellt werden, erhalten in der Regel die gleiche Form wie die guſseiſernen (Fig. 420); die in beſonderen turmartigen Bauten untergebrachten Waſſerbehälter

Fig. 420. Fig. 421.



Schmiedeeiſerne Verteilungsbehälter.
1/100 w. Gr.

bekommen entweder dieſelbe Geſtalt oder ſie werden zylindriſch geformt (Fig. 421). Die letzteren ſind unter ſonſt gleichen Verhältniſſen vorzuziehen, weil ſie bei zweckmäſsig gewählter Höhe eine geringere Mantelfläche haben und mit geringerer Wandſtärke hergeſtellt werden können, ſonach billiger zu ſtehen kommen wie prismatiſche Behälter. Zylindriſche Behälter erhalten entweder, wie die prismatiſchen, ebene Böden oder, wenn ſie bloſs an ihrem Umfange unterſtützt werden ſollen, ſphäriſche

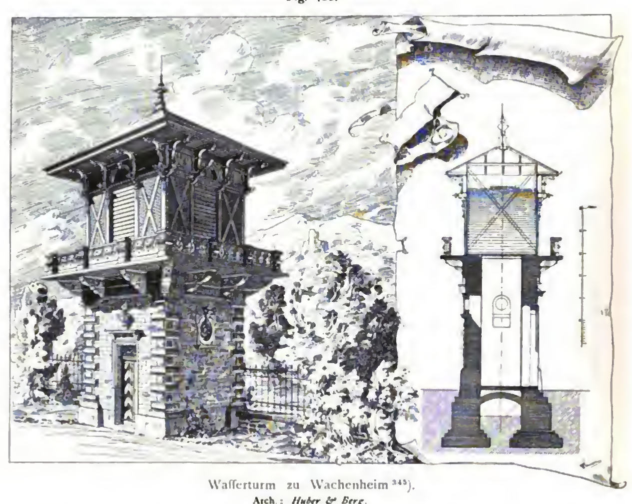
(Fig. 421), bezw. konifche Böden. Behälter mit *Intze*'fcher Bodenform finden für fo kleine Anlagen wohl nur wenig Anwendung; dagegen können die nach *Barkhaufen-Klönne* geftellten Behälter wohl in Frage kommen.

Schmiedeeiferne Behälter werden aus einzelnen Blechtafeln (nach Art der Keffelnietungen) zufammengenietet. Bei den üblichen Waffertiefen von 1 bis 3 m genügt eine Blechdicke von 3 bis 6 mm; fie kann oben geringer wie unten gewählt werden. Die Seitenwände prismatifcher Behälter werden durch L- und T-Eifen abgefteift und durch Ankerftangen *a* (Fig. 420) zufammengehalten. Die Wafferdichtheit wird in der Regel fchon durch die Nietung allein erzielt; doch empfiehlt es fich, die genieteten Fugen zu verftemmen.

In England find in der Regel die Hausbehälter gleichfalls zylindrifch geformt und befitzen einen kegelförmigen Boden, deffen Spitze in das Entleerungsrohr aus-



Fig. 422.



Wafferturm zu Wachenheim [345]).

Arch.: *Huber & Berg*.

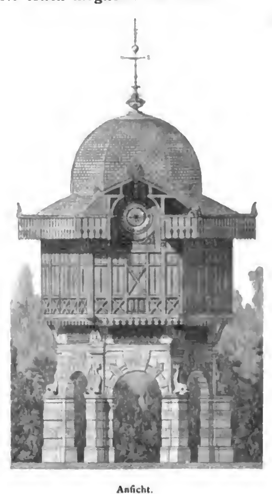
mündet. Die Abflufsleitung nach dem Hausrohrnetz tritt etwa 4 bis 5 cm über der Kante, in der fich Zylinder und Kegel vereinigen, aus dem Behälter heraus; ein dichtfchliefsender Deckel fehlt niemals. Ein folcher Behälter foll fich nahezu felbfttätig reinigen, indem der Entleerungshahn rafch geöffnet wird.

Schmiedeeiferne, wie gufseiferne Wafferbehälter find mit einem guten Anftrich zu verfehen, der auch häufig zu erneuern ift; bei fchmiedeeifernen Behältern ift dies der Gefahr des Durchroftens wegen von befonderer Wichtigkeit, weshalb man für kleinere Behälter auch verzinkte Eifenbleche in Anwendung bringt.

Wird ein Verteilungsbehälter in einem befonderen Bau untergebracht, fo befteht der Unterbau entweder aus einem geeigneten Balkengerüft, oder er wird als allfeitig durch Mauern (bezw. Fachwerkwände) abgefchloffener, prismatifch geftalteter

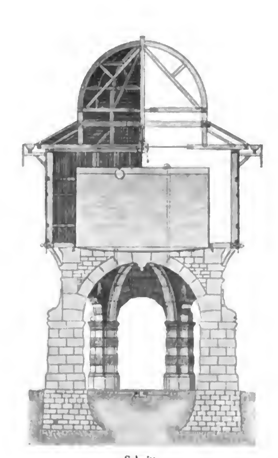
Baukörper — bei gröfseren Abmeffungen auch Wafferturm genannt — hergeftellt. Zylindrifche Behälter mit fphärifchem oder konifchem Boden ruhen alsdann nur auf den Umfaffungsmauern auf. Behälter mit ebenen Böden müffen durch kräftige Balkenlagen geftützt werden; häufig find die das Dachgefchofs tragenden hölzernen Deckenbalken hierzu nicht ftark genug und werden nicht felten durch eiferne I-Träger erfetzt. Befonderer Wert ift darauf zu legen, dafs Boden und Seitenwände der Wafferbehälter leicht zugänglich find; ihre Anordnung in Ecken ift deshalb zu vermeiden. Sie follen möglichft frei ftehen.

Fig. 423.



Anficht.

1 : 166⅔.



Schnitt.

Wafferturm für den Befitz des Barons *P*...[346]).

Solche turmartige Behälteranlagen find mehrfach der Anlafs zu reizvollen architektonifchen Schöpfungen gewefen (Fig. 422 u. 423[345 u. 346]).

Dem in Art. 464 (S. 440) Gefagten entfprechend müffen auch bei eifernen Behältern Einlauf-, Ablauf-, Ueberlauf- und Entleerungsleitungen vorhanden fein. Das Einlaufrohr mündet oft feitlich ein; bisweilen (*s* in Fig. 421) durchfetzt es jedoch auch den Boden des Behälters. Findet das mechanifche Heben des Waffers im Gebäude felbft ftatt, fo ift das Einlaufrohr mit dem von der Wafferhebemafchine emporführenden Druck- oder Steigrohre identifch. Als Abfchlufsvorrichtung verwendet man bei Behältern, die durch die ftädtifche Wafferverforgung gefpeift werden, Schwimmkugelhähne. (Vergl. Art. 479, S. 473.)

Die Ablaufleitung befteht bei einfachen Anlagen in einem einzigen Fallrohre *f* (Fig. 419 bis 421), welches das Waffer in die unteren Gefchoffe führt; es mündet am tiefften Punkte des

345) Fakf.-Repr. nach: Architektonifche Rundfchau 1889, Taf. 96.

346) Fakf.-Repr. nach: *Encyclopédie d'arch.* 1884, Pl. 938, 944.

Behälterbodens aus. Damit nicht zu viel von den Schmutzablagerungen in den Behälter gelange, läfst man einen Rohrftutzen über dem Boden hervorragen und bildet ihn als Seiherkopf aus. In gröfseren Gebäuden wird auf dem Dachgefchofs eine wagrechte Verzweigung der Ablaufleitungen erforderlich, zu welchem Ende die entfprechenden wagrechten Rohre vom Behälter nahe an feinem Boden ausgehen; auch hier find die Ausflufsöffnungen mit Sieben zu verfehen. Sämtliche Ablaufrohre müffen durch Ventile verfchliefsbar fein. Oft wählt man Niederfchraubventile (vergl. Art. 458, S. 435), die mittels Welle *w* und Kurbel oder Handrad *k* (Fig. 419 u. 420) gehandhabt werden können; doch kommen auch Kegelventile mit Hebelvorrichtung (Fig. 421) vor. Am beften ift es indes, die Abfperrvorrichtung aufserhalb des Behälters in die betreffende Rohrleitung einzufchalten und Niederfchraubventile allen anderen Konftruktionen vorzuziehen.

Das Ueberlaufrohr bildet entweder einen felbftändigen, lotrecht abfallenden Strang oder wird mit einem entfprechenden Rohre der Entwäfferungsanlage vereinigt. Das Entleerungsrohr wird am beften mit dem Ueberlaufrohre vereinigt; doch kann man auch eines der Fallrohre zum Entleeren des Behälters benutzen. Der Schwimmer *c* in Fig. 421 dient dazu, um von aufsen erkennen zu können, wie hoch das Waffer im Behälter fteht.

Zur Winterszeit ift das Waffer in den Behältern dem Einfrieren ausgefetzt; die Bildung einer dünnen Eisdecke fchadet nicht, da unter diefer noch Waffer zu- und abfliefsen kann. Bedeckung und gute Umhüllung der Behälter mit fchlechten Wärmeleitern fchützen felbft in Gegenden mit rauhem Klima, wenn ein häufigerer Waffer-Zu- und -Abflufs ftattfindet. Ueber die offenen Behälter in den Dachgefchoffen fetzt man Deckel, die nicht nur die Kälte, fondern auch Staub und Infekten abhalten. Freiftehende Wafferbehälter werden in der Regel überdacht und wohl auch allfeitig von leichten Wänden umgeben (Fig. 422 u. 423). Bisweilen hat man in dem Raume, in dem der Wafferbehälter untergebracht ift, Heizvorrichtungen angeordnet.

B e i f p i e l e. α) Für die neue Wafferverforgung des fürftlichen Refidenzfchloffes zu Sigmaringen war der Verteilungsbehälter in folcher Höhe anzubringen, dafs man bei Feuersgefahr einen grofsen Teil der Dächer (der höchfte Dachfirft liegt 62,50 m über dem Donauwafferfpiegel) beherrfchen kann. Aus diefem Grunde und mit Rückficht auf eine zweckmäfsige Wafferverteilung überhaupt wurde der in der Mitte der ganzen Gebäudegruppe gelegene fog. Römerturm zur Aufftellung des Behälters gewählt; auf feinem viereckigen Unterbau erhebt fich ein achteckiger Aufbau, der um 4,40 m erhöht und durch einen neuen achteckigen, 10,50 m hohen Helm, der entfprechend, mit der Umgebung ftimmend, architektonifch ausgebildet wurde, abgefchloffen. Der höchfte Wafferfpiegel des in diefem Turme untergebrachten Verteilungsbehälters liegt in einer Höhe von 55,03 m über dem Wafferfpiegel der herrfchaftlichen Quelle, der das Waffer entnommen wird, und 61,97 m über dem Donaufpiegel.

Der Wafferbedarf beträgt in einem Tage 160 cbm oder 1,85 l in der Sekunde; da die Quelle 49,35 Sekundenliter liefert, fo wird der Ueberfchufs zum Betriebe der Wafferfäulenmafchine verwendet, die das Waffer in den Wafferbehälter hebt. Der letztere ift zylindrifch geftaltet, hat 3,50 m Durchmeffer und 6,00 m Höhe; von den 6 Blechringen der zylindrifchen Wandung haben die beiden unteren 6, die beiden mittleren 5 und die beiden oberen 4 mm Dicke. Der Behälter ruht auf einer Balkenlage von 9 Stück 176 mm hohen I-Trägern, welche ihrerfeits durch 2 Unterzüge (Zwillings-I-Träger von 396 mm Höhe) geftützt werden; im gefüllten Zuftande fafst er 550 hl Waffer. Der achteckige Oberbau des Römerturmes hat eine lichte Weite von 5,10 m. Sämtliche Aufsenflächen des Behälters haben zum Schutze gegen Temperatureinflüffe eine doppelte Ummantelung aus Brettern mit Deckleiften erhalten, deren Zwifchenraum mit Tierhaaren ausgeftopft ift. Bei fehr ftrenger Kälte wird ein am Fufse des Turmes aufgeftellter Wafferheizofen in Tätigkeit gefetzt[347]).

β) D i e I r r e n a n f t a l t b e i D ü r e n befitzt einen Wafferturm, worin 5 fchmiedeeiferne Behälter, und zwar 2 im V. Obergefchofs mit einem Inhalt von je 22 cbm und 3 im IV. Obergefchofs von je 3,6 cbm Faffungsraum. Den beiden im V. Obergefchofs gelegenen Behältern wird durch eine Dampfmafchine mit Pumpwerk Brunnenwaffer zugeführt; fie dienen zur Speifung der Wafferverforgungseinrichtungen in allen zur Anftalt gehörigen Gebäuden, das Wirtfchaftsgebäude und die Kochanftalt ausgenommen.

Von den im IV. Obergefchofs des Wafferturmes aufgeftellten Wafferbehältern dient je einer als Brunnenwafferbehälter für die Kochanftalt und für die Wafchanftalt und einer für letztere als Regenwafferbehälter. Diefer wird mittels einer befonderen, im Mafchinenraume aufgeftellten

---

[347]) Nach: Journ. f. Gasb. u. Waff. 1877, S. 35.

Dampfpumpe gefüllt; letztere faugt aus einer neben dem Mafchinenraume liegenden unterirdifchen Zifterne von ca. 260 cbm Faffungsraum das Waffer empor[318]).

Anfchliefsend an das in Art. 462 (S. 439) Vorgeführte, ift nochmals des Falles zu gedenken, dafs für ein Gebäude oder eine Gebäudegruppe, z. B. für Bahnhofanlagen, Gafthöfe, Fabriken und dergl., Waffer unter hohem Drucke erforderlich und ein Wafferbehälter in entfprechender Höhenlage in der Herftellung zu koftfpielig ift. Alsdann kann die höhere Preffung auch mit Hilfe von Windkeffeln oder Akkumulatoren bewirkt werden. In den Windkeffeln wird eine gröfsere Menge Luft zufammengedrückt und dadurch eine Preffung P für 1 qm erzeugt, welche auf das abfliefsende Waffer wirkt, wie wenn ein Behälter von der Wafferhöhe $\frac{P}{\gamma}$ vorhanden wäre, wenn γ das Gewicht der Raumeinheit Waffer bezeichnet. Bei den Akkumulatoren erfetzt der Druck eines mit Gewichten belafteten Kolbens den Wafferbehälter, bezw. feinen Wafferdruck.

3) Hausrohrnetz.

467. Anordnung der Hausleitungen.

Die neuere Wafferverforgung leidet gegenüber der früher üblichen Wafferentnahme aus ftändiglaufenden Brunnen und aus Pumpbrunnen an dem Uebelftande, dafs das zum Verbrauch kommende Waffer durch das Stehenbleiben in den Rohrleitungen im Sommer zu hoch erwärmt, im Winter zu tief gekühlt wird. Die Abkühlung geht manchmal fo weit, dafs das Waffer in den Leitungen gefriert und diefe zerfprengt, wodurch in den mit Waffer verforgten Gebäuden grofser Schaden angerichtet werden kann. Deshalb ift für den Architekten von Wichtigkeit, fowohl bei der Wahl des Materials, als auch bei der Anordnung der Hausleitungen die genannten Vorkommniffe zu berückfichtigen.

Die Anordnung der Hausleitung kann grundfätzlich verfchieden fein, indem man entweder:

α) fämtliches Waffer nach einem im Dachgefchofs des Gebäudes aufgeftellten Verteilungsbehälter und von dort aus durch Leitungen nach den einzelnen Zapfftellen verteilt, oder

β) das Waffer unmittelbar durch Rohrleitungen nach den Verbrauchsftellen führt.

Die erftgedachte Anordnung ift notwendig, wenn die Wafferabgabe feitens des ftädtifchen Wafferwerkes keine ununterbrochene ift und nur zu beftimmten Stunden des Tages erfolgt, oder meift auch dann, wenn das betreffende Gebäude, bezw. die Gebäudegruppe nicht an eine öffentliche Wafferleitung angefchloffen ift, fondern eine felbftändige Wafferverforgungsanlage befitzt.

Bei ftädtifchen Wafferwerksanlagen ift eine unterbrochene (intermittierende) Verforgung der angefchloffenen Grundftücke nicht üblich, wenigftens in Deutfchland nicht. Befitzt aber das Grundftück ein eigenes Wafferwerk mit Pumpenbetrieb, fo wird der letztere, alfo auch die Wafferzuführung, in der Regel nur während einiger Stunden des Tages erfolgen.

In diefem Falle wird die Wafferverforgung von dem im Grundftücke befindlichen unerlafslichen Wafferbehälter aus bewerkftelligt und gefchieht von oben nach unten. Die Temperatur des zur Verteilung gelangenden Waffers hängt hier ganz wefentlich von jener der Umgebung des Behälters ab, wofelbft zunächft die wagrechte Verzweigung des Rohrnetzes ftattfindet, an welche fich die lotrechten Fallrohre anfchliefsen.

Bei der zweiten Anordnung, der unmittelbaren Verteilung des von einer öffentlichen Wafferleitung ununterbrochen und in beliebigen Mengen gelieferten Waffers,

---

318) Nach: Rohrleger 1879, S. 84.

vollzieht ſich die Verſorgung des Hauſes von unten nach oben. Die wagrechte Verzweigung des Rohrnetzes geſchieht im Keller- oder Sockelgeſchoſs; an dieſe ſchlieſsen ſich alsdann die lotrechten Steigrohre an.

Bei der unter α gedachten Verſorgungsart iſt die Erwärmung des Waſſers im Sommer ganz unvermeidlich; es bleibt nichts übrig, als das zum Trinken beſtimmte Leitungswaſſer künſtlich abzukühlen. Ebenſo unvermeidlich iſt das Einfrieren des Waſſers im Winter, wenn nicht durch künſtliche Erwärmung die Räume, in welchen ſich Waſſerbehälter und Leitungen befinden, geſchützt oder die Leitungen entleert werden.

Bei der unter β gedachten Verſorgungsweiſe kann bei ausreichender Waſſermenge, bezw. genügendem Zufluſſe in allen Rohren der Hausleitung eine ſtändige, mehr oder weniger ſtarke Waſſerbewegung erhalten werden. Geſchieht dies, ſo werden die Leitungen im Sommer ſtets friſches Waſſer geben und im Winter nicht einfrieren. Zu dieſem Zwecke muſs aber die ganze Hauseinrichtung derart verbunden ſein, daſs ſich der Kreislauf auf jede Leitungsſtrecke ausdehnt, vielleicht mit Ausnahme der kurzen Zuleitungen zu Zapfhähnen.

Hiernach ſind genügende Erwärmung aller Räume im Winter und beſondere Kühlung des Trinkwaſſers im Sommer unter α, ununterbrochener Auslauf behufs Herſtellung eines Kreislaufes unter β die einzigen völlig ausreichenden Schutzmittel. Leider kommt ihre Anwendung ſtets ſehr teuer zu ſtehen, und in dem unter β gedachten Falle iſt dies auch nicht immer möglich. Man wird ſich deshalb beſtreben müſſen, die erwähnten Uebelſtände tunlichſt zu mildern, und hierbei ſind die folgenden Grundſätze in das Auge zu faſſen.

Leitungen auſserhalb des Hauſes ſollen, wie bereits (in Art. 460, S. 438) erwähnt, mindeſtens 1,20 bis 1,50 m Bodendeckung erhalten.

Steigrohre und Fallrohre im Hauſe ſind möglichſt lotrecht und an ſolche Stellen zu legen, von welchen aus der ſeitliche Abzweig nach der Zapfſtelle die geringſte Länge erhält. Laſſen ſich mit einem Steigrohre oder Fallrohre mehrere Zapfſtellen eines Geſchoſſes leicht verbinden, z. B. dadurch, daſs Küche und Badezimmer nebeneinander liegen oder durch eine kurze Rohrverbindung eine Waſchtiſcheinrichtung im Nebenzimmer angeſchloſſen werden kann, ſo vermindert ſich die Anzahl der lotrechten Rohrſtränge und mithin auch die Gefahr im Betriebe.

Im allgemeinen gilt für Wohnhäuſer, ſowie für Gebäude, die anderen Zwecken dienen, die Regel, die wagrechte Verteilung der Hauptrohre im Kellergeſchoſs vorzunehmen, wo ſie am bequemſten auszuführen iſt und die Räumlichkeiten zugleich einen Schutz gegen das Einfrieren der Leitung bieten. Von dieſen Kellerräumen ſteigen einzelne, paſſend gelegene Rohrſtränge an denjenigen Stellen lotrecht aufwärts, welche geſtatten, daſs eine möglichſt groſse Anzahl von Zapfſtellen durch kurze Verbindungsrohre angeſchloſſen werden kann.

Längere wagrechte Rohrleitungen in den über Tag gelegenen Geſchoſſen ſuche man tunlichſt zu vermeiden. Iſt dies nicht möglich, ſo lege man ſie gehörig unterſtützt an der Decke entlang, jedoch ſo, daſs man die Leitung ohne Schwierigkeiten vollſtändig entleeren kann. Einzelnen entfernt liegenden Zapfſtellen gibt man ein beſonderes, von unten aufſteigendes Rohr ſtatt einer langen wagrechten Zweigleitung im oberen Geſchoſs.

Liegen die einzelnen Steigrohre in verſchiedenen, voneinander weit entfernten Teilen eines ausgedehnten Gebäudes, und iſt die Rohrleitung auf der Straſse leicht zu erreichen, ſo empfiehlt es ſich, zur Vereinfachung des Verteilungsnetzes zwei

oder noch mehr Abzweigungen von der Strafsenleitung (Anfchlufsleitungen, fiehe unter 1) anzuordnen.

Feuerlöfchleitungen find von den Leitungen für den Hausbedarf zu trennen und für fich als unabhängige Leitungen mit der Strafsenleitung unmittelbar zu verbinden. Dies hat feinen Grund in dem Umftande, dafs diefe Leitungen fich nicht immer in froftfreien Räumen befinden können, fondern meift auf kalte Flurgänge gelegt werden müffen. Hierdurch tritt die Notwendigkeit ein, die Leitung während des Winters zu entleeren und fie nur bei Bedarf in Betrieb zu fetzen. Zweigen Leitungen für den täglichen Gebrauch von einer Feuerlöfchleitung ab, fo werden fie entweder während des Winters nicht benutzt werden können, oder man läuft Gefahr, dafs die Feuerlöfchleitung einfriert und unbrauchbar wird. Einen zweiten Uebelftand bildet das längere Stehenbleiben des Waffers in folchen meift weiten Rohrleitungen, wodurch feine Gute gefchädigt wird.

Im einzelnen ift noch folgendes zu beachten.

α) Die Leitungen und Zapfftellen follen möglichft in Räume gelegt werden, in denen das Einfrieren des Waffers in der Leitung während des Winters nicht ftattfinden kann. Die Leitungen dürfen daher weder an Stirnmauern, noch an folche Wände verlegt werden, welche der unmittelbaren Einwirkung des Froftes ausgefetzt find. Am geeignetften find Kellerräume, Küchen- und Zwifchenwände bewohnter Räume, niemals aber die Wände kalter Flurgänge und Treppenhäufer. Umhüllung der Rohre kann für längere Dauer als Schutz gegen Einfrieren nicht angefehen werden.

β) Leitungen, welche in einen Keller zu liegen kommen, legt man gern in den Fufsboden, und zwar, wenn möglich, in einen aus Backfteinen hergeftellten und leicht abgedeckten Kanal. Diefe Anordnung hat den Vorteil, dafs bei einem etwaigen Leck der Leitung an diefer Stelle eine Unterwafchung der Mauerfundamente nicht ftattfinden, fondern das Waffer frei austreten kann.

γ) Hingegen vermeide man möglichft, die Rohrleitung unter Dielen zu legen, da fie alsdann fchwer zugänglich ift, leckgewordene Stellen nicht fofort bemerkt werden und daher grofsen Schaden an den darunter befindlichen Decken anrichten können.

δ) Ift man genötigt, Blei- oder Mantelrohre an der Wand hinzuführen, fo genügt es nicht, die Rohre mittels einzelner Rohrhaken an der Wand zu befeftigen; denn das Rohr biegt fich an den freihängenden Stellen durch und bildet an den Befeftigungen leicht Einknickungen, welche teils dem Durchfliefsen des Waffers hinderlich find, teils das Entfernen des Waffers aus der Leitung erfchweren und fomit Veranlaffung zum Einfrieren der Leitung geben. Man verfäume daher nicht, den Rohrftrang in feiner ganzen Länge auf eine an der Mauer befeftigte Holzleifte zu legen.

ε) Alle Abfperr- und Entleerungsvorrichtungen follen leicht zugänglich fein, um fich ihrer im Notfalle fchnell bedienen zu können. Ebenfo müffen Feuerhähne nur an möglichft bequem gelegenen Orten angebracht und nicht, wie dies fo oft gefchieht, in die Ecken verfteckt werden. Unter jedem Zapfhahne foll fich ein Ausgufsbecken mit Ableitung befinden, welches die überfchüffigen Waffermengen fofort abführt.

ζ) Wo das Legen der Leitungen durch kalte Räume nicht zu umgehen ift, follen die Rohrftränge an denjenigen Stellen, wo fie noch froftfrei liegen, eine Abftell- und Entleerungsvorrichtung erhalten.

η) Jeder Abzweig vom Hauptrohr foll durch ein Abfperrventil abgefchloffen und für fich entleert werden können; daher ift erforderlich, dafs der Rohrftrang eine, wenn auch fchwach fteigende Richtung und keine Biegungen erhält, in denen trotz des Oeffnens der Entleerungsvorrichtung das Waffer ftehen bleiben kann.

ϑ) Zweigen in Räumen des Keller- oder Erdgefchoffes mehrere Leitungen zugleich vom Hauptrohre ab, fo empfiehlt es fich, die Abfperr- und Entleerungsvorrichtungen in einen kleinen gemeinfchaftlichen Schacht zu legen und ihn durch einen Eifen- oder Holzbelag abzudecken.

ι) Die lotrechten Steigrohre, die das Waffer von unten in die oberen Gefchoffe führen, bezw. die Fallrohre, die vom Dachgefchofs das Waffer nach unten leiten, legt man entweder in eine rinnenförmige Ausfparung der Wand, wie fie beim Neubau eines Haufes leicht herzuftellen ift, oder unmittelbar an die Wand. Im erfteren Falle kann die Rinne auf zweierlei Weife ausgeführt fein: a) derart, dafs die Zu- und unter Umftänden auch die Ableitungsrohre in die Rinne eingelegt werden und die letztere durch ein Verkleidungsbrett von aufsen unfichtbar gemacht wird, oder b) dafs die Rohre in diefe Rinne eingelegt, hierauf aber die Rinne durch Mörtel bündig mit der Wand verputzt wird[349]). Das letztere ift weniger empfehlenswert.

Legt man die Rohre an die Aufsenfeite der Wand, fo erhalten fie zum Schutze gegen äufsere mechanifche Einflüffe eine leichte Holzumkleidung, und es ift dann zweckmäfsig, die Leitung in einer Ecke des Zimmers hochzuführen, um diefe Umkleidung möglichft wenig hervortreten zu laffen. In allen Fällen wird aber das Rohr durch Rohrhalter an der Mauer befeftigt.

468.
Material
der Rohre

Für Wafferleitungen im Inneren der Gebäude kommen hauptfächlich Bleirohre und fchmiedeeiferne Rohre zur Anwendung, feltener gufseiferne Rohre.

Bleirohre werden vielfach benutzt und können auch für normale Preffungen im Rohrnetz (30 bis 50 m) und unter gewiffen anderen Vorausfetzungen empfohlen werden.

Die grofse Biegfamkeit des Materials, welche geftattet, fich allen Verhältniffen ohne Formftücke leicht anzupaffen, die leichte Verbindungsfähigkeit der Rohre unter fich und mit den fonftigen Vorrichtungen machen diefes Material zu einem für Hausleitungseinrichtungen fehr wertvollen.

Gegen diefes Material find vielfach Bedenken erhoben worden, und zwar von ärztlicher Seite, indem befürchtet wurde, dafs das Blei fich im Waffer auflöfe und hierdurch der Gefundheit fchädlich werde. Zahlreiche Beobachtungen haben diefe Tatfache beftätigt, andere hingegen widerlegt, ohne dafs man bis jetzt im ftande gewefen wäre, die eigentlichen Gründe für beide Erfcheinungen mit Sicherheit anzugeben. Im allgemeinen hat fich herausgeftellt, dafs weiches, luftreiches Waffer die Löfung des Bleies begünftigt, während härteres, an Bikarbonaten und Sulfaten reicheres Waffer nach kurzer Zeit bewirkt, dafs fich auf der inneren Wandfläche des Rohres eine fchwache fchützende Lage von Blei- und Calciumkarbonat niederfchlägt, welche jede weitere Löfung des Bleies verhindert[350]). Aus diefen Gründen ift es in einigen Städten durch die Behörden verboten, für Leitungen, denen Waffer zu Genufszwecken entnommen werden foll, Bleirohre zu verwenden, in anderen Städten jedoch auf Grund der chemifchen Befchaffenheit des Waffers geftattet, Bleirohre für alle Zwecke zur Anwendung zu bringen. Selbft für den Fall, dafs eine geringe Löfung von Blei ftattfände, liefse fich die Gefahr dadurch leicht umgehen, dafs man

---

349) Ueber das Verfahren, Bleirohre unmittelbar in Zement zu verlegen, liegen zum Teile fchlimme Erfahrungen vor; folche Leitungen wurden in vielen Fällen fpröde und brüchig, ja zerfreffen und durchläffig. Es ift deshalb Vorficht in diefer Richtung geboten.

350) Siehe: Hamon, A. *Étude fur les eaux potables et le plomb.* Paris 1831 — und Reichardt's Referat über diefe Schrift in: Deutfche Viert. f. öff. Gefundheitspfl. 1885, S. 565 — ferner:

Pullmann. Zur Frage der Verunreinigung des Waffers durch bleierne Leitungsröhren. Deutfche Viert. f. öff. Gefundheitspfl. 1887, S. 255.

Richter. Die Bleierkrankungen durch Leitungswaffer in Deffau im Jahre 1886. Deutfche Viert. f. öff. Gefundheitspfl. 1887, S. 442.

nach dem Entleeren der Leitung oder nach längerem Stehenbleiben des Waffers darin die zuerft ausfliefsenden Waffermengen unbenutzt ablaufen läfst und das Waffer erft dann benutzt, wenn man überzeugt ift, dafs die Leitung vollftändig mit frifchzugetretenem Waffer gefüllt ift.

Um fich gegen die Gefahr der Bleivergiftung zu fchützen, hat man mehrfach das Innere der Rohre mit einem Ueberzuge von Sulfat verfehen. Diefer Ueberzug hat fich jedoch nicht als dauernd erwiefen und ift nach kurzer Zeit verfchwunden[351]).

Von den Erfatzmitteln, welche an Stelle der Bleirohre getreten find, verdienen die in neuerer Zeit in Gebrauch gekommenen Zinnrohre mit Bleimantel, kurzweg Mantelrohre genannt, Beachtung.

Diefe Rohre vereinigen in fich die guten Eigenfchaften des Zinnes, die Befchaffenheit des Waffers nicht zu fchädigen, mit der leichten Behandlungsfähigkeit des Bleies beim Verlegen.

Die Mantelrohre zeigen in ihrem Querfchnitte einen Zinnring von 0,5 mm Stärke, welcher fich vom Blei durch feine weifse Farbe deutlich abzeichnet.

Bleirohre und Zinnrohre mit Bleimantel würden in ihrer äufseren Erfcheinung nicht zu unterfcheiden fein, wenn die letzteren nicht dadurch gekennzeichnet würden, dafs fie äufserlich eine Anzahl fchwachrippenförmiger Erhöhungen enthalten, welche bei der Fabrikation als Erkennungszeichen mit erzeugt werden; die Bleirohre hingegen find an ihrer Aufsenwandung vollftändig glatt.

Die Fabrikation der Mantelrohre befteht feit dem Jahre 1867. Die Neuheit und Schwierigkeit des Anfertigens waren anfangs Urfache, dafs die Rohre den zu ftellenden Anforderungen fowohl in Bezug auf die innige Verbindung des Bleies mit dem Zinn, als auch bezüglich der allfeitig gleichmäfsigen Wandftärke nicht genügten. Andererfeits aber glaubte man durch die Anwendung des gegenüber dem Blei viel härteren Zinnes in den Wandftärken bedeutend zurückgehen zu dürfen, um bezüglich des Preifes mit den einfachen Bleirohren in Wettbewerb treten zu können. Durch diefe Verminderung der Wandftärken trat aber ihre Ungleichmäfsigkeit in ungleich höherem Grade auf, und diefe hat an vielen Orten das Platzen folcher Rohrleitungen zur Folge gehabt. Hierdurch hatte das an fich vortreffliche Material anfänglich etwas von feinem guten Rufe eingebüfst. Später kam man aber zu der Anficht, dem Zinn eine gröfsere Haltbarkeit als dem Blei nicht zuzufprechen, fondern es lediglich als ein Schutzmittel gegen die Einwirkung des Waffers auf Blei zu betrachten. Man verwendet daher gegenwärtig Mantelrohre mit derfelben Wandftärke, wie fie die gewöhnlichen Bleirohre haben; ihre Koften find demzufolge auch entfprechend höher geworden.

So viele Vorteile die Bleirohre wie die Mantelrohre haben, fo befitzen beide auch ihre Nachteile. Sie haben zumeift ihren Grund in der Weichheit des Stoffes infofern, infolge deren er äufseren mechanifchen Einwirkungen weniger Widerftand entgegenfetzt als andere Materialien[352]).

Beide Rohrforten werden bezüglich ihrer Wandftärke nach dem Gewichte für das laufende Meter angegeben. Diefe Gewichte werden je nach dem in der Leitung herrfchenden Drucke fehr verfchieden fein können. Die Erfahrungen mit diefen Materialien beim Wafferwerke der Stadt Dresden haben, unter Vorausfetzung eines Leitungsdruckes von 5 Atmofphären, zu folgenden Gewichten für die Längeneinheit geführt:

lichter Durchmeffer:	10	13	16	20	25	30 Millim.
Gewicht für 1 m { Bleirohr:	1,5	2,0	2,5	4,0	5,5	7,0 Kilogr.
Mantelrohr:	2,0	3,0	3,5	4,5	5,5	7,0 » [353]).

Wenn in der Leitung hohe Preffungen vorkommen, find felbft ftarkwandige Bleirohre nicht unbedenklich, weil nach und nach die Wandftärke geringer wird.

---

351) Siehe auch: Ueber die Urfachen der Löfung von Blei im Waffer und die Befeitigung derfelben. Deutfche Bauz. 1889, S. 31, 42.

352) Siehe: Rossel, A. Ueber die Einwirkung verfchiedener Subftanzen und Baumaterialien auf Bleiröhren. Schweiz. Gwbbl. 1880, S. 58.

Die Zerftörung von Bleiröhren durch Cementmörtel. Gefundh.-Ing. 1885, S. 607.

353) Ueber die verfchiedenen in Anwendung kommenden Rohrarten fiehe auch:

Étude comparative des tuyaux de diftribution des eaux. *Revue gén. de l'arch.* 1862, S. 101.

Glasgefütterte Eifenröhren. Deutfche Bauz. 1873, S. 412.

Les tuyaux de plomb. *Gaz. des arch. et du bât.* 1873, S. 180.

Tuyaux en plomb doublés d'étain fyftème Hamon. *Revue gén. de l'arch.* 1873, S. 104, 134.

Material und Dimenfionen von Privatleitungsröhren. Journ. f. Gasb. u. Waff. 1886, S. 602.

Für Druckhöhen über 50 m follte man Bleirohre von 40 mm an und darüber, für mehr als 80 m Druck folche von 30 mm und darüber nicht mehr anwenden. In folchen Fällen find galvanifierte fchmiedeeiferne Rohre vorzuziehen.

Schmiedeeiferne (gezogene) Rohre in der Befchaffenheit, wie fie zu Gasleitungen Verwendung finden[354]), find für Wafferleitungszwecke nicht zu empfehlen, in manchen Städten fogar verboten.

Sie find, vornehmlich bei weichem Waffer, ungemein der Oxydation unterworfen und werden vom Rofte nach kurzer Dauer zerftört und dadurch unbrauchbar. Aufserdem veranlaffen fie durch ihre Oxydation eine Gelbfärbung des Waffers, welche feine Verwendbarkeit fehr beeinträchtigt. Man hat diefen Uebelftand dadurch zu verhindern gefucht, dafs man die Rohre innen und aufsen mit einem Ueberzuge von Zinn verfah. Die Herftellung diefer alle Teile der Rohre gleichmäfsig bedeckenden Zinnfchicht ift aber technifch aufserordentlich fchwierig, und es ift daher kaum zu vermeiden, dafs einzelne Stellen der Rohre unbedeckt bleiben. Diefe Stellen find erfahrungsgemäfs einer viel ftärkeren Oxydation als unverzinnte Rohre unterworfen; der Ueberzug wirkt fonach in diefem Falle mehr fchädlich als nützlich.

Anders verhält es fich mit den fog. galvanifierten fchmiedeeifernen Rohren[355]), die gegen das Verroften von innen und aufsen in weitgehender Weife gefchützt find.

Als Roftfchutzmittel kommt bei diefen Rohren Zink in Anwendung, und zwar neuerdings in folcher Weife, dafs das Zink in ganz innige Verbindung mit dem metallifchen Eifen gebracht ift und fo feft am Eifenrohr haftet. Und doch ift letzteres nicht für immer gegen Roft und dergl. gefchützt, namentlich dann nicht, wenn etwa das Zink nicht in zufammenhängender Oberfläche das Eifen deckt; denn alsdann find die freien Eifenftellen ungefchützt, und bei naffer Umgebung entfteht fofort ein galvanifches Element (Zink-Waffer-Eifen), das auf die rafche Zerftörung beider Metalle hinarbeitet.

Das Verzinken der Rohre hat noch den weiteren Vorteil, dafs bei Wafferleitungen, die durch grofse Räume, durch Flurgänge, in Kellern und dergl. geführt werden, das Schwitzwaffer, welches infolge des Temperaturunterfchiedes zwifchen dem Leitungswaffer im Rohr und dem umgebenden Raume aufsen am Rohr durch Niederfchlagen der im Raume vorhandenen Luftfeuchtigkeit entfteht und befonders ftark zur Winterszeit in geheizten Räumen ftattfindet, ungefärbt abtropft. Eine Färbung diefes Schwitzwaffers durch Roft, wie fie bei den fog. fchwarzen Schmiedeeifenrohren vorkommt, führt zu grofsen Unzuträglichkeiten.

Gutgalvanifierte fchmiedeeiferne Rohre werden in den Fabriken in Längen von ca. 4 m mit Gewinde und Muffe hergeftellt und haben bei ausreichender Widerftandsfähigkeit für 120 bis 150 m Wafferdruck folgende Gewichte G und Wandftärken δ:

d = 15 mm		d = 20 mm		d = 25 mm		d = 30 mm		d = 40 mm		d = 50 mm	
δ	G	δ	G	δ	G	δ	G	δ	G	δ	G
3 mm	1,3 kg	3 mm	1,9 kg	3,5 mm	2,6 kg	3,5 mm	3,5 kg	3,5 mm	4,5 kg	4 mm	6,0 kg

für 1 lauf. Meter Baulänge.

Die Verbindung der fchmiedeeifernen Rohre gefchieht durch Zufammenfchrauben, und zwar um eine Länge gleich dem Rohrdurchmeffer. Vor dem Verfchrauben wird zur Dichtung um das

[354]) Ueber die Abmeffungen folcher Rohre fiehe an der eben angezogenen Stelle diefes »Handbuches«.

[355]) Siehe auch: Verzinkte Eifenrohre. Gefundh.-Ing. 1884, S. 67.

Cluss, A. Noch einmal verzinkte Eifenröhren. Gefundh.-Ing. 1884, S. 191.

Erfahrungen und Verfuche über die Verwendung von verzinkten Eifenrohren für Wafferleitungen. Journ. f. Gasb. u. Waff. 1887, S. 61.

Gewinde ein mit Mennige getränkter Flachsfaden gelegt. Die mannigfaltigften Formftücke geftatten das Verfolgen jeder beliebigen Richtung mit fchmiedeeifernen Rohren faft ebenfo leicht als mit Bleirohren.

Auch für die Formftücke der fchmiedeeifernen Rohre *(Fittings)* beftehen Normalien. Sie beziehen fich hauptfächlich auf Muffen, Knieftücke, **T**-Stücke, Kreuzftücke, **S**-Stücke, gefchloffene und offene Rückkehrbogen, Verlängerungsftücke, Kappen, Pfropfen, Deckenfcheiben, Deckenwinkel, Gegenmuttern, Flanfche, Verfchraubungen, Nippel, Sauger u. f. w.

Kupfer- und Meffingrohre werden verhältnismäfsig felten angewendet, einerfeits wegen der hohen Materialpreife, andererfeits wegen der nicht immer von der Hand zu weifenden hygienifchen Gefahr.

In Bädern, Aborten, Gafthöfen, Mafchinenhäufern und dergl. findet man allerdings nicht felten blankgeputzte und glänzende Kupfer- und Meffingrohre, auch vernickelte, felbft verfilberte Meffingrohre; das Waffer folcher Rohre dient aber nicht Genufszwecken, und derartige Leitungen find deshalb auch nicht zu beanftanden.

Aluminiumrohre find bei Wafferverforgungen noch wenig verwendet worden; doch verdienen fie wegen ihrer Widerftandsfähigkeit gegen die Angriffe trockener und feuchter Luft, Kohlenfäure, Schwefelwafferftoff und vieler organifcher Säuren Beachtung.

Wenn in der Hauswafferleitung fehr hoher Druck vorhanden ift, fo würden gufseiferne Rohre allen anderen Materialien vorzuziehen fein. Indes ftellen diefe bei Inftallationen innerhalb der Gebäude grofse Schwierigkeiten entgegen.

Da man erfahrungsgemäfs bei den meiften Inftallationen erft dann, wenn Decken u. f. w. durchbrochen find, genau beftimmen kann, wie die Steigleitungen u. f. w. angeordnet werden müffen, laffen fich die zu gufseifernen Leitungen erforderlichen Formftücke aller Art auch erft dann feftfetzen, und es ift in nahezu allen Fällen nicht durchführbar, die durchbrochenen Stellen u. f. w. fo lange offen zu laffen, bis die Formftücke modelliert und gegoffen find. Bei Verwendung von fchmiedeeifernen und Bleirohren dagegen kann man fofort und ohne Schwierigkeit mit den Normalrohrftücken allen Windungen in den Häufern folgen.

469.
Verbindung der Rohre.

Die Verbindung der einzelnen Rohrftücke miteinander gefchieht in ziemlich verfchiedener Weife; hauptfächlich ift dabei das Material, aus dem die Rohre hergeftellt find, ausfchlaggebend.

Bleirohre und Mantelrohre werden durch Löten verbunden und durch Anfchneiden mit Verlötung verzweigt. Bei Verlötung zweier Rohre wird das eine Rohrende mittels eines Dornes aufgetrieben, das andere zugefpitzt und, nachdem es durch Schaben metallifch rein gemacht wurde, in das ausgeweitete Ende gefchoben. Zwifchen beide Enden kommt das Lot; etwas Kolophoniumpulver auf die zu lötenden Flächen zu ftreuen, ift zweckmäfsig. Beim Löten mit der Lampe kommen 1 Teil Zinn und 1 Teil Blei, bei Anwendung des Lötkolbens 2 Teile Zinn und 1 Teil Blei in Gebrauch, wenn es fich um Bleirohre handelt; bei Mantelrohren nimmt man ein Lot von 4 Teilen Zinn und 5 Teilen Blei, wendet nur den Lötkolben an und beftreicht die Lötflächen vorher mit etwas Salzfäure. Beim Anlöten von Zweigleitungen fowohl, als auch bei Verbindungsftellen ift gröfste Sorgfalt darauf zu verwenden, dafs kein Lot in das Innere der Rohre eintropft. Wie bereits erwähnt worden ift, follten Flanfchverbindungen mit Bleirohren tunlichft vermieden werden; beim Uebergang zu anderem Metall oder an Stellen, die öfter gelöft werden müffen, verwende man Verfchraubungen.

Schmiedeeiferne (verzinnte und galvanifierte) Rohre werden nur durch Verfchraubungen verbunden. Die letzteren können innere und äufsere fein. Durch Abfchneiden der geraden Rohre und Anfchneiden des Normalgewindes, fowie durch Benutzung der für die verfchiedenen Lichtweiten handelsüblichen Normalformftücke kann der Rohrleger jede beliebige Lage der Rohrleitungen, Abzweigungen u. f. w. rafch herftellen.

Bei Verwendung gufseiferner Rohre zu Hausleitungen wird fowohl die Flanfchenverbindung als auch die Muffenverbindung, meiftens beide gleichzeitig, verwendet. Flanfchenverbindungen werden

durch Zwifchenlage eines Bleiringes oder Gummiringes gedichtet, welcher zwifchen den Arbeitsleiften zweier Flanfche durch Anziehen der Schrauben feftgeklemmt wird. Die bereits in Art. 459 (S. 436) befchriebene Muffenverbindung geftattet das Ablängen der zur Inftallation verwendeten Rohre nach Bedarf auf der Arbeitsftelle; Rohre, welche einerfeits Flanfch, andererfeits Spitzende haben, vermitteln Muffenverbindung mit Flanfchverbindung, an welch letztere fodann die Auslaufhähne u. f. w. anzufchliefsen find.

470. Weite der Rohre.

Bezüglich der Rohrweiten wurden einige Anhaltspunkte bereits in Art. 453 u. 457 (S. 429 u. 433) gegeben. Die Verzweigungen von den Steig- und Fallrohren pflegt man im allgemeinen beim normalen Wafferdruck von 30 bis 40 m fo zu bemeffen, dafs:

1) für einen gewöhnlichen Zapfhahn in der Küche eine Zweigleitung von 15 mm Weite angeordnet wird; die gleiche Weite genügt auch für einen Auslaufhahn an der Wafchtifcheinrichtung, an einem Wandbrunnen, überhaupt für jeden kleineren einzelnen Auslauf.
2) Die Zuleitung zu einem Badezimmer, einem Spülabort oder einer Wafchküche mit einem Auslaufe follte nicht unter 20 mm Weite gewählt fein, weil man an diefen Orten rafch grofse Waffermengen entnehmen will.
3) Für Feuerpfoften oder Hydranten in gewöhnlichen Wohnhäufern, fowie für Giefshähne in den Gärten beträgt das Mindeftmafs der Lichtweite für die Zuleitung 25 mm; bei Fabrikgebäuden, Lagerhäufern, grofsen Wohnhäufern u. f. w. follten die Zuleitungsrohre zu Hydranten 50 bis 80 mm weit fein.

471. Schutz gegen Froft und Hitze.

Im vorhergehenden wurde bereits mehrfach mitgeteilt, wie das Leitungswaffer im Winter gegen den Froft und im Sommer gegen die Erwärmung zu fchützen ift. Dem Gefagten ift noch das nachftehende anzufugen.

Friert das Waffer in einem Teile eines Bleirohrftranges ein, fo ift nicht unter allen Umftänden das Platzen des Rohres die Folge; wegen der grofsen Nachgiebigkeit des Materials wird vielmehr in den meiften Fällen das Auftauen des Eifes durch Erwärmen den ganzen Uebelftand befeitigen. Ganz anders verhalten fich in diefer Hinficht fchmiedeeiferne und gufseiferne Leitungen; das Gefrieren des Waffers in derlei Leitungen hat faft ohne Ausnahme das Zerfprengen des Rohres zur Folge.

Bei einiger Vorficht kann im Winter durch rechtzeitiges Abftellen, bezw. Entleeren der Hausleitungen ihr Einfrieren vermieden werden. Diefe Vorficht wird jedoch nicht immer gehandhabt, und deshalb kommen in jedem ftrengen Winter eine gröfsere Zahl von Rohrbrüchen an Hausleitungen zu ftande; durch das Ausftrömen von Waffer an diefen Stellen kann grofser Schaden entftehen.

Wird eine Leitung abgeftellt und entleert, fo genügt es nicht, lediglich den Entleerungshahn an der tiefften Stelle zu öffnen; vielmehr müffen gleichzeitig fämtliche Ausläufe an der Leitung geöffnet werden, da fich fonft mehr oder weniger lange Wafferfäulen an den gefchloffenen Ausläufen feftfangen und diefe Leitungsftellen dann trotz des Entleerens gefrieren würden. Selbftverftändlich hat man vor dem Wiederanlaffen der Leitung die Ausläufe, mit Ausnahme des oberften, durch welchen die Luft entweichen mufs, zu fchliefsen, wenn Ueberfchwemmungen nicht eintreten follen.

Ein ficheres Mittel, um alle Gefahr beim Platzen einer Leitung auszufchliefsen, befteht in einer wafferabführenden Umhüllung des Rohres, welche im Abzugskanal des Haufes endigt. Diefes Mittel ift aber nicht nur mit bedeutenden Koften verknüpft, fondern man bedarf bei feiner Anwendung auch eines gröfseren Raumes für die Leitungen, fo dafs es felten zur Anwendung kommt. Die Einlage eines Gummi-

fchlauches in die Rohre, ihre Ausfütterung mit Gummi, felbfttätige Entleerungen bei ftarkem Frofte, Erwärmung von Rohren u. f. w. find weitere Auskunftsmittel [356]).

Gegen das Erwärmen des Waffers in den Hausleitungen im Sommer gibt es kein anderes erprobtes Mittel als das bereits früher erwähnte Offenftehenlaffen der Hähne, bis unmittelbar vom Strafsenrohre kommendes kühleres Waffer ausläuft. Dies ift jedoch, wenn das Waffer aus einer öffentlichen Leitung bezogen und nach Meffern bezahlt werden mufs, teuer, und wenn es ohne Befchränkung abgegeben wird, ungerecht gegen andere. Ueberdies kann bei unvorfichtiger Behandlung das Offenftehenlaffen der Hähne fehr nachteilige Ueberfchwemmungen veranlaffen [357]). Deshalb dürfte auch hier das unmittelbare Kühlen durch Eis oder die Entnahme des Trinkwaffers aus ftändiglaufenden öffentlichen Brunnen — wo folche vorhanden find — die in vielen Fällen richtigfte Abhilfe fein.

472. Weiteres über Verteilungs-leitungen.

Aufser den im Art. 467 (S. 447) erwähnten Rückfichten ift bei Anlage einer Hauswafferleitung in erfter Linie zu beachten, dafs alle Leitungsftrecken mit Gegengefälle am höchften Punkte entlüftet, an den tiefften Stellen entleert werden können und dafs jede einzelne Steigleitung zum Schutze gegen Widderftöfse mit einem Windkeffel endigt, fofern fie nicht von einem unter Dach liegenden Wafferbehälter ausgeht. Die Verzweigungen follen derart erfolgen, dafs in der Richtung des Wafferftromes Leitungen geringerer Lichtweite ftets von folchen gröfserer Lichtweite abgehen. Unter Beachtung der zum Schutze der Leitungen gegen Erwärmung und Froft gegebenen Regeln foll jeder einzelne Strang auf dem kürzeften Wege vom Verteilungsrohre zur Zapfftelle geführt werden; dabei find die Rohre tunlichft allerwärts an den Wänden zu befeftigen, und insbefondere ift das Aufhängen wagrechter Leitungen an Decken u. f. w. auch im Keller- und Sockelgefchofs zu vermeiden, weil eine derartige Anordnung Anlafs zu häufigeren Befchädigungen gibt. Beim Durchbrechen von Mauern u. f. w. ift es ftets ratfam, die Wafferleitungsrohre mit einem Blech- oder Tonrohre zu umgeben, um fie jederzeit befichtigen und erforderlichenfalls auch herausnehmen zu können. Das Einputzen jeder Art von Rohrleitung in Mauern ift zu vermeiden; können die Leitungen nicht einfach an der Aufsenfläche angeordnet werden, fo lege man fie in befondere, mit Holz gefütterte und bedeckte Ausfparungen (Kanäle).

Das Befeftigen auffteigender Rohre in den Gebäuden gefchieht in Entfernungen von 1,50 bis 2,00 m mittels Rohrhaken, welche in eingegipfte Holzpflöcke gefchlagen werden, oder durch Bandfchellen, wenn das Steigrohr einige Centimeter von der Wand abfteht; bei wagrechten Leitungen find diefe Abftände, je nachdem Bleirohre (Mantelrohre) oder eiferne Rohre verwendet werden, entfprechend zu verringern (etwa auf 0,50 bis 1,00 m). Bei Verwendung von Bleirohren (Mantelrohren) ift noch befonders darauf zu achten, dafs fie bei wagrechter Lage fchön gerade geftreckt werden, damit fich keine Luftblafen feftfetzen können.

Bei Leitungen, durch welche zur Verhinderung des Erwärmens und Einfrierens ein ununterbrochener Wafferftrom gehen foll, ift zu unterfcheiden, ob fie von einer

---

[356]) Die Zahl der Vorrichtungen zum Schutze gegen Ueberflutung beim Berften der Leitung und infolge Einfrierens derfelben ift eine grofse. Es fei in diefer Beziehung auf D. R.-P. 1716, 6242, 7854, 10399, 10520, 10994, 11302, 12023, 16394, 23246, 38948 u. 43536 verwiefen.

[357]) Alle Mittel zur Verhütung nachteiliger Folgen beim Offenftehenlaffen der Hähne können felbftverftändlich erft dann wirken, wenn der Hahn eine erheblich gröfsere Zeit, als dies gewöhnlich üblich ift, offen blieb, da anderenfalls die normale Entnahme beeinträchtigt würde. Sonach werden mit Anwendung folcher Mittel nur gröfsere Ueberfchwemmungen verhütet. Aus den Veröffentlichungen des Deutfchen Reichs-Patentamtes heben wir als Vorbeugungsmittel hervor: D. R.-P. Nr. 31996, 34340, 36257 mit Zufatz Pat. 36983, 41747.

einzigen oder durch Verbindung von mehreren Abzweigeftellen der Hauptleitung ausgehen. Entwickeln fich famtliche Rohrleitungen von einer einzigen Abgangsftelle aus, fo mufs der ftändige Auslauf am äufserften Zapfhahn ohne Rückficht auf feine Lage angebracht werden. Sind dagegen mehrere, unmittelbar von der Hauptleitung ausgehende Steigleitungen vorhanden, fo muffen diefe unter fich verbunden und der ftändige Auslauf an die abfolut höchftgelegene Zapfftelle verlegt werden.

Bei längeren gufseifernen Leitungen in Räumen mit verfchiedener Temperatur müffen Ausgleichungs- oder Kompenfationsrohre (Stopfbüchfen) eingefchaltet werden, um dem Ausdehnen und Zufammenziehen der Rohrftränge Rechnung zu tragen. Bei Anwendung von Bleirohren und fchmiedeeifernen Leitungen fällt diefe Vorfichtsmafsregel weg.

Erfolgt die Zuleitung des Waffers zum zu verforgenden Gebäude, bezw. zur zu verforgenden Gebäudegruppe aus mehreren Bezugsquellen, fo pflegt man in der Regel die Einrichtung der Verteilungsleitungen fo anzuordnen, dafs eine Bezugsquelle die andere nötigenfalls zu erfetzen vermag. Befonders wichtig ift eine folche Anordnung bei Feuersgefahr, beim Wafferbezug aus Quellen, welche zeitweife ausfetzen, aus Pumpwerken mit Windradbetrieb u. f. w. Man wird in folchen Fällen zwar Steigleitungen fowohl, als Abfallleitungen fo konftruieren, wie fie der befonderen Bezugsquelle entfprechend fein müffen; gleichzeitig aber genügend weite, zu normalen Zeiten durch ein Zwifchenventil gefchloffene Verbindungsleitungen erbauen, um die eine Verforgung durch die andere ergänzen zu können.

Derartige Anordnungen erweifen fich auch als zweckmäfsig, wenn z. B. die öffentliche Wafferverforgung nur Nutzwaffer liefert und aus einer privaten Verforgung Trinkwaffer mit genügendem Drucke beigeführt werden kann, oder wenn bei künftlicher Wafferhebung der gröfste Wafferverbrauch nur einen niedrigen Druck erheifcht, gleichzeitig aber eine kleinere Anzahl Ausläufe unter höherem Drucke gefpeift werden müffen.

Ein gröfseres Beifpiel der letzteren Art ift die Wafferverforgung des grofsherzoglichen Refidenzfchloffes und feiner Anbauten, Gärten u. f. w. zu Karlsruhe. Im Schloffe felbft, dem Hoftheater, den Dienftwohnungen u. f. w. fteht das Waffer unter Hochdruck; in den Leitungen zum Marftall, zum botanifchen Garten, zu den Anlagen vor und hinter dem Schloffe und zur Fafanerie ift Niederdruck. Beide Leitungen find voneinander getrennt, können aber jederzeit und an mehreren Orten miteinander in Verbindung gefetzt werden.

Es ift im übrigen — abgefehen von den ebenerwähnten befonderen Umftänden — ftets vorteilhaft, dafür zu forgen, dafs fowohl in den Steigleitungen, als auch in den Verbindungsleitungen Zwifchenventile eingefetzt werden, um bei ftattfindenden Ausbefferungen an Auslaufhähnen u. f. w. nicht immer die ganze Hausleitung abftellen zu müffen. Je gröfser die Anzahl der Ausläufe ift, umfo ftörender werden die durch unvermeidliche Ausbefferungen entftehenden Unterbrechungen, und umfo angenehmer wird es fein, wenn in folchen Fällen wenigftens ein Teil der Ausläufe noch Dienfte tut.

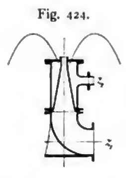
473. Leitungen für Nebenanlagen.

Als Nebenanlagen der Hauswafferleitungen laffen fich Gartenfprengvorrichtungen, Springbrunnen und fonftige Wafferkünfte, Einrichtungen zur Ausnutzung der motorifchen Kraft des Waffers u. f. w. betrachten.

Für Zuleitungen zu Springbrunnen und Wafferkünften aller Art laffen fich bezüglich der Abmeffungen allgemeine Anhaltspunkte nicht geben; jeder einzelne Wafferftrahl mufs feine befondere Zweigleitung und getrennte Regelung erhalten, und man wird gut daran tun, den Zuleitungsquerfchnitt von der Hauptleitung aus gleich der Summe aller Verzweigungsquerfchnitte zu machen.

Sehr häufig werden bei Springbrunnenanlagen u. f. w. nicht blofs ein einziger Strahl, fondern Strahl und Garbe, fowie einzelne befondere Strahlen gewünfcht. Sind, wie bei der Garbe

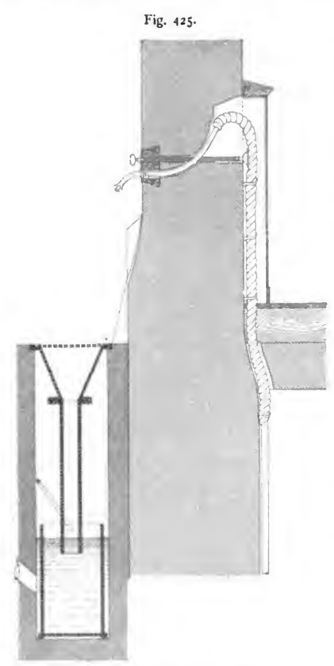
Fig. 424.



(Fig. 424), eine gröfsere Zahl aus gleichen Mundftücken geworfener Strahlen unter völlig gleicher Preffung vor dem Auslaufe angeordnet, fo können diefe Strahlen von einer gemeinfamen Zuleitung Z_2 aus gefpeift werden. Während in diefem Falle der lotrecht auffteigende Hauptftrahl von Z_1 gefpeift wird, mündet die Zuleitung Z_2 in einen das Mundftück des Hauptftrahles umfchliefsenden Kaften, von welchem die Strahlen der Garbe gemeinfam ausgehen.

Selbftverftändlich müffen Leitungen, welche befonderen Anlagen, wie kleineren oder gröfseren Waffermotoren, gröfseren Spüleinrichtungen, Aufzügen, Keffelfpeifungen u. f. w. dienen, mit befonderer Rückficht auf diefe Zwecke angelegt werden; wie dies zu gefchehen hat, wird, foweit es den Architekten berührt, im folgenden Bande diefes »Handbuches« (Abt. IV, Abfchn. 5: Koch-, Entwäfferungs- und Reinigungsanlagen) gezeigt werden. Ebendafelbft finden fich auch jene Anordnungen, welche zur Ableitung des verbrauchten Waffers (Entwäfferung) erforderlich find.

Fig. 425.



Wandbrunnen im Hofe.
1/25 w. Gr.

474.
Beifpiele einiger Gefamtanordnungen

Es dürfte nunmehr am Platze fein, durch einige Beifpiele das vorftehende zu erläutern.

1) Die einfachfte Anordnung einer Wafferverforgungsanlage eines Haufes wird diejenige fein, welche nur in einer Auslaufvorrichtung auf dem Hofe befteht. Diefe Vorrichtungen bedürfen der forgfamften Ausführung, da fie im Winter durch ihre Lage den Einwirkungen des Froftes viel leichter ausgefetzt find als alle anderen Einrichtungen. In Fig. 425 ift die Anordnung veranfchaulicht.

Die Rohrleitung ift in Kellertiefe bis an die hintere Stirnwand des Gebäudes geführt worden und fteigt längs diefer an der Innenfeite bis ungefähr 1 m über dem Fufsboden des Erdgefchoffes empor. Hier findet fich ein Durchgangsventil eingefchaltet, deffen Schlüffelftange verlängert ift und bis aufserhalb der Mauer hervorragt. Vom Ventil an fteigt die Leitung nur noch ein kurzes Stück und führt dann in niedergehender Richtung nach der Aufsenfeite der Mauer, in einem Mundftücke endigend. Das Rohr ift von feinem Austritt aus dem Keller an mit Filz oder Tuchleiften umwickelt, fowie mit einem Holzgehäufe umkleidet, welches mit einem fchlechten Wärmeleiter (Schlackenwolle, Häckfel, Sägefpäne u. f. w.) angefüllt wird. Unmittelbar nach Einmündung der Leitung in die Keller-

räume foll fich das Privathauptventil befinden, mittels deffen Abfperren und Entleeren der ganzen Leitung möglich find.

Will man den Auslauf nicht an die Mauer legen, fo macht fich die Errichtung eines Auslaufftänders notwendig. Diefer kann in einer einfachen Säule mit Auslaufhahn beftehen, wie in Fig. 441 dargeftellt ift, fofern die Umftände es geftatten, die Leitung während des Winters aufser Betrieb zu fetzen. Anderenfalls wird man zu einer weniger einfachen, aber in ihrer Wirkung vollkommeneren Konftruktion greifen müffen, wie fie in Fig. 442 fich findet.

2) Auf der nebenftehenden Tafel ift die Wafferverforgung eines ftädtifchen viergefchoffigen Miethaufes mit Seiten- und Hintergebäude — im Anfchluffe an das öffentliche Wafferwerk — zur Veranfchaulichung gebracht; aufser der Wafferverforgung der einzelnen Gebäudeteile ift auch die Bewäfferung des Gartens, fowie die Verforgung eines Springbrunnens vorgefehen.

Der Ort der Einführung der Anfchlufsleitung vom Strafsenrohre nach dem Grundftück ift aus dem Grundrifs des Kellergefchoffes fofort kenntlich. Die Leitung erhält auf der Strafse eine Abfchlufsvorrichtung, das Hauptventil *a*, welches nur von der Wafferwerksverwaltung benutzt werden darf. Unmittelbar nach Eintritt der Leitung in das Grundftück hat der Privathaupthahn *b* und vor oder hinter diefem der Waffermeffer *c* feine Aufftellung gefunden. Die Leitung führt hierauf durch die Keller des Vorderhaufes hindurch nach dem Hofe und zweigt hier mit einer Leitung, welche durch ein Ventil mit Entleerung *d* abftellbar ift, nach dem Seitengebäude ab.

Im Hintergebäude verzweigt fich die Leitung nach 3 Punkten: nach der Wafchküche, nach den oberen Gefchoffen und nach dem Garten. Alle drei Leitungen haben Abfperrhähne mit Entleerung erhalten; letztere befinden fich im gemeinfchaftlichen Schachte *e*. Die Leitung der Wafchküche verforgt 2 Auslaufftellen: einen gewöhnlichen Zapfhahn mit Ausgufsbecken und einen Zapfhahn über dem Wafchkeffel; die Gartenleitung verforgt zwei Sprengventile *f* und einen Springbrunnen *g*. Die Leitung nach dem Springbrunnen erhält ein Durchgangsventil *h*, welches zum Regeln und Abftellen dient.

Die Zweigleitung im Seitengebäude führt im Abortraume an einer Schornfteinmauer aufwärts und verforgt im I. Obergefchofs (vergl. die Grundrifspartie des I. Obergefchoffes) eine Badeeinrichtung, einen Spülabort, eine Wafchtifcheinrichtung und einen Küchenauslauf. Die gleichen Vorrichtungen werden im Hintergebäude von der auffteigenden Leitung gefpeift. Auf diefe Weife ift das ganze ausgedehnte Gebäude in jedem Gefchofs reichlich mit Waffer verforgt, und es bliebe fich für die Anordnung vollftändig gleich, wenn man auch das II. und III. Obergefchofs mit Bade- und Wafchtifcheinrichtungen verfehen wollte.

3) In Kap. 19 wird als Beifpiel die Wafferverforgung einer Villa vorgeführt werden, wobei im Gebäude felbft das Waffer mittels einer Dampfpumpe in einen im Dachgefchofs gelegenen Wafferbehälter gehoben wird, fonach die Verteilung des Waffers von oben nach unten gefchieht.

Mögen auch die Anordnungen in anderen Wohnhäufern je nach den Umftänden mehr oder weniger verfchiedene fein, fo werden fie doch alle in den Hauptgrundfätzen, wie fie vorftehend auseinandergefetzt und durch die gegebenen Beifpiele erläutert worden find, übereinftimmen.

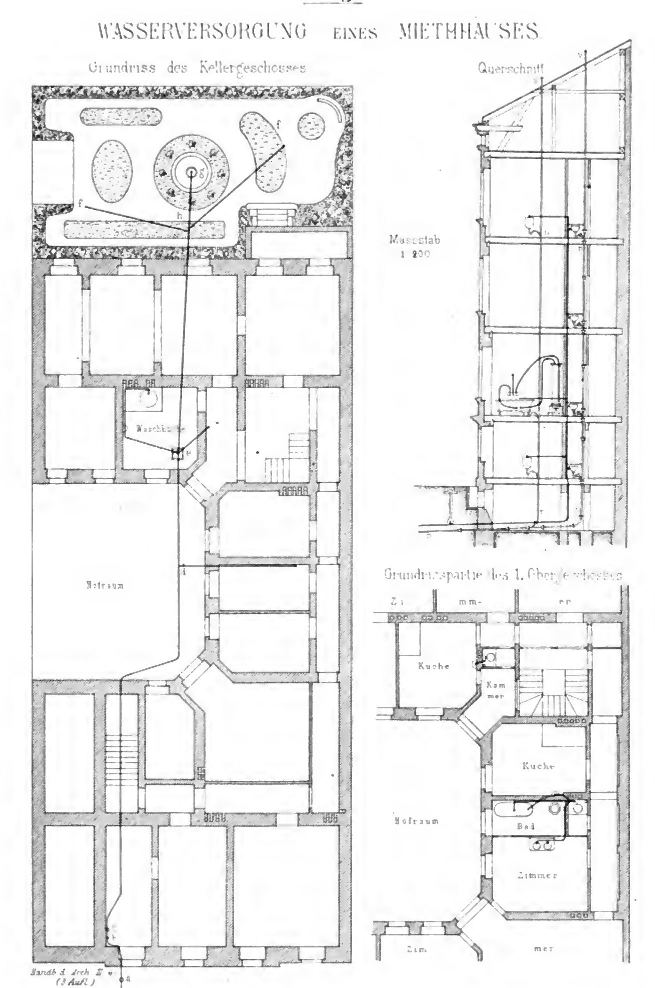
4) Während in den vorftehenden Beifpielen kleinere Anlagen vorausgefetzt wurden, mag im nachftehenden noch ein Beifpiel für eine ausgedehntere Wafferverforgung von einem hochgelegenen Verteilungsbehälter aus vorgeführt werden. Es wurde die von *Kröber* entworfene Wafferverforgung des fürftlichen Refidenzfchloffes zu Sigmaringen gewählt[358]).

Lage und Anordnung des im fog. Römerturm gelegenen Verteilungsbehälters, in welchen das Waffer einer in der Nähe befindlichen Quelle gehoben wird, wurde bereits in Art. 466

[358]) Nach: Journ. f. Gasb. u. Waff. 1877, S. 35.

Zu S. 458

WASSERVERSORGUNG EINES MIETHHAUSES



(S. 446) befchrieben. Das Rohrnetz nimmt feinen Anfang in drei Hauptfallrohren, von welchen zwei über die Dachböden des Schloffes, der Kunftfammlung und der Nebengebäude fich hinziehen und dann abfallend in allen Gefchoffen fich verbreiten; das dritte fällt lotrecht bis zum Fufse des Turmes ab, wo es fich im Boden unter dem oberen und unteren Schlofshofe hinzieht und feine äufserften Zweige einerfeits bis in den Marftall und das Theater fendet, andererfeits unter ftetem Abfallen den grofsen Springbrunnen und den Kreislaufanfchlufs an eine der gedachten Dachleitungen erreicht, um endlich, ganz unten in der Stadt angekommen, noch das erbprinzliche Palais zu verforgen.

Alle Hauptrohrftränge find in Gufseifen hergeftellt worden. Um kräftige Strahlen für Feuerlöfchzwecke zu erzielen, erhielten diefe Stränge ziemlich grofse Durchmeffer; fie fangen mit 120 mm an und gehen bis 60 mm herab. In allen Flurgängen, in möglichfter Nähe der Treppenhäufer, find Feuerventile mit 45 mm weiter Oeffnung unmittelbar in die Leitungen eingefchaltet. Im ganzen find 31 Ventile mit einem Schlauchgewindeabgang und 6 Ventile mit doppelten Abgängen vorhanden. Unmittelbar neben diefen Ventilen, welche in Holzkaften mit Glastürchen eingefchloffen find, ift je eine Schlauchrolle von 15 m Länge mit Gewinde und Mundftück von 16 bis 20 mm Ausgangsweite aufgehängt.

Von den unter den Höfen hinlaufenden Bodenleitungen find in geeigneten Abftänden 7 Feuerlöfchhähne abgezweigt. Aufser 4 laufenden Brunnen wird noch ein Ventilbrunnen von der Leitung gefpeift. Die dem Frofte ausgefetzten Teile der Rohrleitungen wurden durch Anwendung eines fteten Wafferkreislaufes am wirkfamften vor dem Einfrieren gefchützt; aufserdem aber wurden fämtliche Rohre mit Strohzöpfen doppelt umwickelt und an befonders gefährdeten Orten noch mit Bretterverfchalungen verwahrt und die Zwifchenräume mit Stroh ausgeftopft.

Von den Hauptfallrohren zweigen nach den verfchiedenen Räumlichkeiten, als Küchen, Wafchküchen, Wagenfchuppen, Marftall, Spülaborten u. f. w., fchmiedeeiferne Leitungen geringeren Kalibers ab, für welche als Hauptabfperrung nur Kegelhähne mit untengefchloffenem Gehäufe und Stopfbüchfen und an den Zapfftellen Niederfchraubhähne zur Verwendung kamen.

---

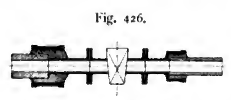
18. Kapitel.

Einzelbeftandteile der Wafferleitungen.

475.
Abfperr-, Regelungs- und Spüleinrichtungen; Ablaffen der Luft.

Zu den Abfperr- und Regelungsvorrichtungen einer Rohrleitung gehören die einfachen Schleufen, die Schieber, Ventile, Hähne und Klappen. Befteht die Rohrleitung aus Gufseifen, fo werden diefe Vorrichtungen mit Flanfchen oder Muffenverband eingebaut; befteht fie aus Tonrohren oder Zementrohren, fo werden die letzteren auf kurze Strecken durch gufseiferne Zwifchenleitung erfetzt und durch Ueberziehen von Doppelmuffen ein dichter Verband zwifchen Tonrohr-(Zementrohr-)Leitung und gufseiferner Leitung hergeftellt (Fig. 426). Hat man es — wie bei den Hausleitungen meiftens der Fall — mit fchmiedeeiferner oder Bleirohrleitung zu tun, fo erfolgt das Einfetzen des Ventils (Schiebers, Hahnes u. f. w.) in der in Art. 469 (S. 453) gedachten Weife.

Fig. 426.



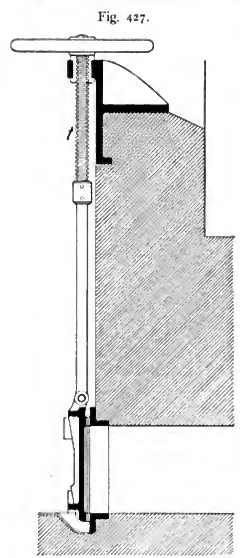
Verbindung gufseiferner und Tonrohre.

Einfache, hauptfächlich bei Brunnenftuben zur Anwendung gelangende Schleufen find am Keil nur auf einer Seite abgefchrägt; die Schlufsflächen find lotrecht (Fig. 427).

Eine bewegliche Schieberfpindel aus Bronze, welche mittels eines an feftftehender Mutter drehbaren Handrades auf- und abbewegt werden kann, geftattet das Oeffnen und Schliefsen von Hand. Die Ringe am Keil und an der Sitzfläche müffen aus Bronze hergeftellt fein, um das An-

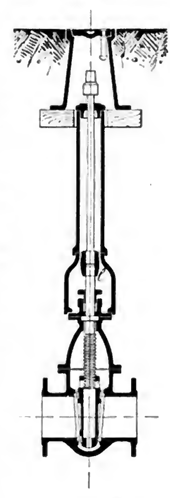
roſten, bezw. Zuſammenwachſen der Schluſsflächen zu verhindern. Die Führung für den Keil iſt in das Mauerwerk eingelaſſen und in gleicher Weiſe, wie der Keil, abgeſchrägt, ſo daſs beim

Fig. 427.



Einſeitig ſchlieſsender Schieber.
$^1/_{25}$ w. Gr.

Fig. 428.



Doppeltſchlieſsender Schieber.
$^1/_{25}$ w. Gr.

Zudrehen der Schleuſe die Schluſsflächen feſt aufeinander gepreſst werden.

Bei Schiebern mit doppeltſchlieſsenden Sitzflächen werden die Gehäuſe aus Guſseiſen angefertigt, während die Spindeln, Schraubenmuttern, ſowie die Dichtungsringe der Keile und der Gehäuſe aus Bronze hergeſtellt ſind.

Sollen dieſe Schieber in die Erde eingebaut werden, ſo erhalten ſie eine mit Schutzrohren umgebene, in einem Vierkant unter der Straſsenkappe endigende Schlüſſelſtange, mittels welcher das Oeffnen und Schlieſsen des Schiebers von der Straſse aus bewirkt werden kann, wie Fig. 428 darſtellt. Stehen die Schieber in beſonders erbauten Zugangsſchächten, ſo wird am Ende der Bronzeſpindel bei *l* ein Handrad angebracht. Solche Schieber kommen bei Leitungsweiten von 40 mm aufwärts in Verwendung. Bei kleineren Lichtweiten (Hausleitungen u. ſ. w.) verwendet man entweder Ventile (ſiehe Art. 458, S. 435) oder *Peets*-Schieber (ſiehe Art. 479, S. 469 u. Fig. 452).

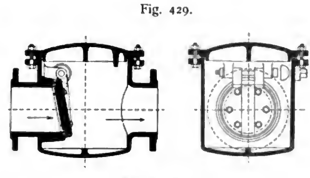
Ventile ſind eigentlich mehr für gasförmige als für tropfbare Flüſſigkeiten beſtimmt. Die Schieber haben Ventilen gegenüber den in manchen Fällen ſehr beachtenswerten Vorzug, daſs ſie in geöffnetem Zuſtande keinen beſonderen Widerſtand in der Rohrleitung erzeugen, während in den Ventilen, welche ohne Ausnahme wagrechte Schluſsflächen haben, auch in ihrem geöffneten Zuſtande beim Waſſerdurchfluſſe ein ganz bedeutender Reibungswiderſtand entſteht.

Den eben gedachten Vorteil, Ventilen gegenüber, zeigen auch die Hähne, deren Konſtruktion in Fig. 446 u. 447 dargeſtellt werden wird; die Nachteile der Hähne haben wir in Art. 458 (S. 436) erwähnt, und ſie gelangen im allgemeinen bei der Waſſerverſorgung (ſiehe auch Art. 479) ſehr ſelten mehr zur Anwendung.

Bei längeren Druckleitungen, insbeſondere bei ſolchen, welche von Pumpwerken herkommen und unmittelbar zu Waſſerbehältern führen, würde ein Rohrbruch in der Nähe der Pumpſtation oder ein Offenlaſſen der Schieber oder eines Leerlaufes da-

ſelbſt die Waſſerverſorgung raſch auſser Betrieb ſetzen. Um ſich gegen ſolche Vorkommniſſe zu ſichern, pflegt man ganz in der Nähe des mit Waſſer zu verſorgenden Gebäudes oder der Gebäudegruppe Klappenventile (Fig. 429) anzuordnen, welche die Bewegung des Waſſers nur in der Richtung der in Fig. 429 eingezeichneten Pfeile geſtatten, ſich aber ſofort ſchlieſsen, wenn eine rückgängige Bewegung beginnen will.

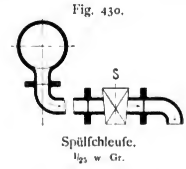
Fig. 429.



Klappenventil.
1/25 w. Gr.

An keiner für ſich beſtehenden Rohrleitung dürfen die Vorrichtungen zum Entleeren fehlen. Bei den Hausleitungen werden ſie in der Regel mit dem Privathaupthahn vereinigt; bei für ſich beſtehenden Zuleitungen ſind beſondere Einrichtungen erforderlich, welche ſo angeordnet werden müſſen, daſs mit dem Entleeren auch das Spülen der Leitung erfolgen kann. Zu dieſem Zwecke wird (wenn tunlich am tiefſten Punkte des Längenprofils einer Leitung) an einem nach unten gerichteten Abzweige eine beſondere Leitung angeſchloſſen, welche in das Freie, in einen Kanal, in einen Senkſchacht u. ſ. w. ausmündet (Fig. 430). Man erzeugt ſodann durch ganzes oder teilweiſes Oeffnen des Schiebers S einen lebhaften Waſſerſtrom in der Leitung, welcher ſämtliche noch nicht angeheftete Niederſchläge mitreiſst und die Leitung ſäubert. Wird die Spülung regelmäſsig und häufig genug vorgenommen, ſo kann dadurch das Anſetzen der Niederſchläge an den Rohrwänden ganz verhindert werden, was beſonders bei guſseiſernen, weiches und mit organiſchen Stoffen beladenes Waſſer führenden Rohrleitungen von nicht zu unterſchätzender Wirkung iſt.

Fig. 430.



Spülſchleuſe.
1/25 w. Gr.

Von gröſster Wichtigkeit für den Betrieb einer Waſſerverſorgung iſt das Entfernen der Luft aus den Rohrleitungen. Wir haben ſchon in Art. 452 (S. 428) geſagt, daſs das Längenprofil einer Waſſerzuleitung ganz beliebig gelegt werden kann, wenn man die höchſten Punkte entlüftet und vermeidet, daſs die Preſſung innerhalb der Leitung unter die atmoſphäriſche ſinkt. Die letztere Bedingung iſt (ſofern man von beſonderem Auspumpen der Luft u. ſ. w. abſehen will) nur durch zweckentſprechende Anordnung des Längenprofils zu erfüllen. Die Entlüftung an den höchſten Punkten geſchieht durch Standrohre, laufende Brunnen, Strahlvorrichtungen, Luftſchrauben, ſelbſtwirkende Luftventile und dergl.

Iſt in O (Fig. 431) der mit der Atmoſphäre in Verbindung ſtehende Waſſerbehälter (die Brunnenſtube oder die auf einen Waſſerbehälter zurückgeführte Pumpſtation) für eine daſelbſt abgehende Druckleitung und nennt man den bis zu irgend einer Stelle in der Entfernung x von O entſtandenen Reibungswiderſtand, als Waſſerſäulenhöhe ausgedrückt, y, ſo bezeichnet die Linie OO' mit den Ordinaten x und y ziemlich genau jene Lage des Rohres, bei welcher die Preſſung darin allerwärts gleich der atmoſphäriſchen wäre. Erhebt ſich das Rohr über dieſe Linie OO', ſo ſinkt entweder die Preſſung unter die atmoſphäriſche herab, und die Leitung muſs als Heber wirken, worauf man ſich nie verlaſſen kann, weil das Waſſer ſtets mit Luft und Waſſerdampf vermiſcht iſt; oder die Bewegung des Waſſers vollzieht ſich ſo, als ob zwiſchen beiden Waſſerbehältern, bezw. den Punkten A und A', ein offenes Gerinne eingeſchaltet wäre. Im letzteren Falle ergibt ſodann die Leitung eine Menge q, d. h. nur ſo viel Waſſer, als einer wirkſamen Druckhöhe h bei

einer Leitungslänge a entfprechen würde, während eine von O bis O' volllaufende Leitung eine Menge Q liefern müfste, entfprechend der wirkfamen Druckhöhe H auf die Entfernung l. Die Menge Q würde auch jede unterhalb oder in der Linie OO' mit ftetigem Gefälle verlaufende Leitung liefern, die in Fig. 431 dargeftellte Leitung jedoch nur dann, wenn durch Auspumpen der Luft in A der Querfchnitt ftets gefüllt erhalten wird und die Stelle A weniger als $10{,}33$ m über dem Punkte M der Linie OO' liegt.

Hat die Leitung, wenn fie unterhalb OO' verläuft (Fig. 432), ein Gegengefälle, fo fammelt fich an diefer Stelle G eine Luftblafe an. Diefe Blafe wird zunächft bei G den wafferdurchlaffenden Querfchnitt des Rohres verengen, und das Ergebnis der Leitung wird, wegen des hier-

Fig. 431.

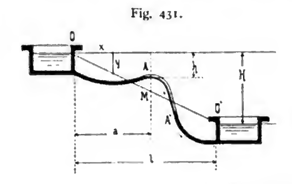
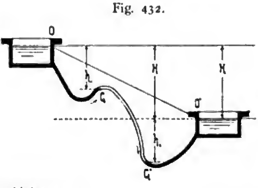


Fig. 432.

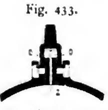


Längenprofile von Druckleitungen.

durch verurfachten befonderen Widerftandes, bei gleichbleibender wirkfamer Druckhöhe geringer werden; unter Umftänden kann die Bewegung auch ganz aufhören. Denken wir uns einen Punkt G_1 um diefelbe Höhe h_1 tiefer unter dem Behälter O' als G unter O, fo halten fich die Wafferfäulen OG und $O'G_1$ Gleichgewicht und leiften keine andere Arbeit als das Zufammenpreffen der zwifchen G und G_1 gelegenen Luftblafe. Ein derartiger labiler Gleichgewichtszuftand wird nicht fehr lange andauern können, weil die Luft wieder entweicht; allmählich ftellt fich dann Bewegung her; letztere wächft, erreicht ein Höchftmafs, vermindert fich wieder, und wir lernen mit ihrer Verfolgung jenen Zuftand kennen, der uns im ungleichförmigen, gurgelnden Erguffe fchlechtgelegter Leitungen fo häufig in der Praxis entgegentritt.

Würde man bei der Anordnung in Fig. 432 an der Stelle G ein Standrohr errichten, welches das Ueberlaufen des Waffers verhindert, fo könnte die Luft ftets entweichen, alfo eine Luftblafe bei G nicht entftehen. Das gleiche wird eintreten, wenn von G, d. h. vom Scheitel der Rohrleitung aus in ftetiger Steigung ein Zweigrohr zu einem höhergelegenen, ftändiglaufenden Brunnen abgeht. Diefe Zweigleitung würde durch den gedachten Brunnen die Luft ftets entweichen laffen. Der gleiche Zweck würde erreicht, wenn in G eine Strahlvorrichtung (fiehe Art. 456, S. 430) angebracht wäre, welche unmittelbar von der Druckleitung betrieben werden kann.

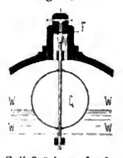
Fig. 433.



Luftfchraube.
$^1/_{10}$ w. Gr.

Statt diefer Hilfsmittel verwendet man an folchen Stellen auch einfache, von Hand zeitweife zu öffnende Luftfchrauben, wie in Fig. 433, oder felbftwirkende Luftventile, wie in Fig. 434 dargeftellt.

Fig. 434.



Selbfttätiges Luftventil.
$^1/_{10}$ w. Gr.

Bei der Luftfchraube werden durch Aufdrehen zwei Oeffnungen o, o frei, durch welche die Luft entweicht; ift fie entfernt, fo bringt das Zufchrauben die Dichtung d auf die Zuftrömung Z, fo dafs weder Waffer noch Luft entweichen können. Bei den felbftwirkenden Luftventilen wird durch die Schwimmkugel G das Entweichen der Luft ermöglicht. Steht der Wafferftand unter der Schwimmkugel in der Wagrechten WW, fo wird der Auftrieb genügen, um den Verfchlufskolben V gegen die nach aufsen gehende Luftabftrömungsöffnung F anzupreffen. Sinkt der Wafferftand auf $W'W'$ ab,

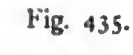
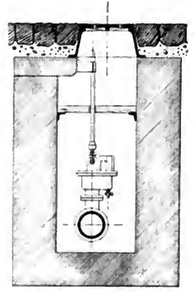


Fig. 435.



Im Schachte eingebauter Hydrant.
$^1/_{50}$ w. Gr.

ſo hängt der Schwimmer *G* frei und wird ſelbſttätig herabſinken, wenn ſein Gewicht gröſser iſt als das Produkt aus dem Ueberdrucke in der Rohrleitung mit der Luftabſtrömungsöffnung *F*. Mit dieſem Ueberdrucke wird er nämlich auch nach dem Sinken des Waſſerſtandes nach oben feſtgehalten, und die Urſache des Nichtwirkens ſo vieler ſelbſttätiger Luftventile beſteht lediglich darin, daſs *F* zu groſs, bezw. *G* zu klein gewählt wurde, in welchem Falle ſich der Schwimmer feſtſaugt. Die ganze Einrichtung wird am höchſten Punkte der Rohrleitung in einen Teilkaſten eingeſetzt.

476.
Auslauf-vorrichtungen auſserhalb der Gebäude: Hydranten.

Auſserhalb der Gebäude, in Höfen und Gärten, werden vielfach Ausläufe einer Waſſerverſorgung angeordnet, welche teils zum Schutze gegen Feuersgefahr, teils zu Zwecken der Bewäſſerung und Beſprengung im Sommer, teils zur unmittelbaren Waſſerentnahme für den häuslichen Gebrauch und endlich auch als Zierbrunnen dienen.

Die im Freien ſtehenden Hydranten erfüllen in der Regel die erſtgenannten drei Zwecke; zur Waſſerentnahme für den häuslichen Gebrauch pflegt man freiſtehende oder Wandbrunnen, und zwar ſtändiglaufende oder mit Selbſtſchluſshähnen verſehene aufzuſtellen; Zierbrunnen können in allen möglichen Verwendungen in Erſcheinung treten; doch ſind ſpringende Strahlen am häufigſten im Gebrauche.

Bei den Hydranten ſind grundſätzlich zu unterſcheiden:

1) Hydranten, deren Verſchluſs in gemauerten Schächten liegt;

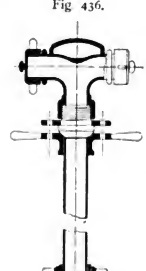
2) in die Erde eingebaute Hydranten mit Selbſtentleerung, Schutzrohr und Straſsenkappe;

3) in die Erde eingebaute Hydranten ohne Selbſtentleerung, mit Schutzrohr und Straſsenkappe, und

4) Ueberflurhydranten.

Die erſtere Art von Hydranten (Fig. 435) iſt die vollkommenſte, aber auch die teuerſte, indem der Schacht allein meiſtens weſentlich mehr koſtet als die Geſamtherſtellung der unter 2 u. 3 genannten Einrichtungen.

Fig. 436.



Standrohr.
$^1/_{10}$ w. Gr.

Die Schächte müſſen mindeſtens eine Lichtweite von 0,70 bis 0,80 m haben, wenn ſie noch zugänglich ſein ſollen; beſſer iſt es ſchon, die Lichtweite auf 1,00 m zu vergröſsern. Der Hydrantenverſchluſs wird in eine Tiefe von mindeſtens 1,20 bis 1,50 m unter Bodenfläche gelegt, und es iſt vorteilhaft, einen Zwiſchenboden im Schachte zur weiteren Schutzvorkehrung gegen ſehr ſtarken Froſt einzuſchalten, wie in Fig. 435 angedeutet.

Das über die Straſse reichende Standrohr (Fig. 436) wird mittels eines Bajonettverſchluſſes am Ventilkaſten befeſtigt und das Ventil mit einem Steckſchlüſſel von der Straſse oder vom Hofe aus geöffnet, wenn Waſſer abgelaſſen werden ſoll.

Dieſe ſog. Berliner Hydranten werden, wie die folgenden, in der Regel für 4 Lichtweiten des Standrohres hergeſtellt: für 40, 50, 65 und 80 mm.

Ein in die Erde eingebauter Hydrant mit Schutzrohr, Straſsenkappe und ſelbſttätiger Entwäſſerung iſt in Fig. 437 dargeſtellt. Bei allen dieſen Hydranten, deren

es von verſchiedenartigſter Konſtruktion gibt, iſt erſtes Erfordernis, daſs der Verſchluſs nachgeſehen und ausgebeſſert werden kann, ohne aufgraben zu müſſen. Das Erfüllen dieſer Bedingung macht es unmöglich, den Hydranten ſo zu konſtruieren, daſs er in der Zwiſchenſtellung (zwiſchen vollſtändigem Oeffnen und Abſchluſs) kein Waſſer entweichen läſst; wenn das Ventil nach völligem Zudrehen der Spindel geſchloſſen iſt, ſoll die Entwäſſerungsöffnung *O* ganz geöffnet ſein. Der Verſchluſs dieſer Oeffnung (welcher in Fig. 437 durch einen elaſtiſchen Führungsring unter Mitwirkung des Waſſerdruckes erfolgt) kann ſomit beim Aufdrehen des Hydranten erſt dann wieder vollſtändig ſein, wenn die Spindel um den Durchmeſſer der Oeffnung *O* gehoben iſt. In der Zwiſchenſtellung wird durch *O* Waſſer unter Druck entweichen. Wird bei dieſer Art von Hydranten der Deckel *D* gelöſt, ſo kann die ganze Verſchluſsvorrichtung herausgezogen werden; ſelbſtverſtändlich muſs vorher die Leitung abgeſtellt ſein.

Verzichtet man auf den ebenbezeichneten Vorteil, ſo kann der Hydrant leicht ſo konſtruiert werden, daſs er in der Zwiſchenſtellung kein Waſſer entweichen läſst, ſondern nur das Steigrohr ſich entleert. Ein derart konſtruierter Hydrant iſt in dem untengenannten Werke[359]) dargeſtellt.

Hydranten der letzteren Art können in jedem Boden, ſolche mit Waſſerverluſten in der Zwiſchenſtellung in Bodenarten, welche ſehr wenig Waſſer aufnehmen, nicht aufgeſtellt werden.

In vielen Fällen vollzieht ſich die Selbſtentleerung nicht ſeitlich am Steigrohr, ſondern durch die Spindel, welche den Verſchluſs bewirkt. Sehr zu beachten iſt, daſs die Oeffnungen *O* für die Entleerung mit Meſſing ausgebüchſt werden müſſen, da ſie anderenfalls raſch zuroſten, worauf dann das Waſſer im Hydrantenſteigrohre ſtehen bleibt.

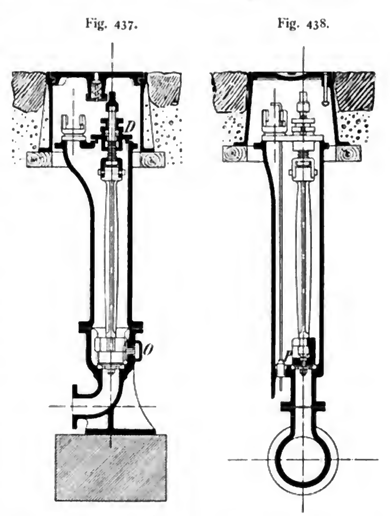


Fig. 437. Hydrant mit Selbſtentleerung. Syſtem *Lueger*. 1/25 w. Gr.

Fig. 438. Hydrant ohne Selbſtentleerung. 1/25 w. Gr.

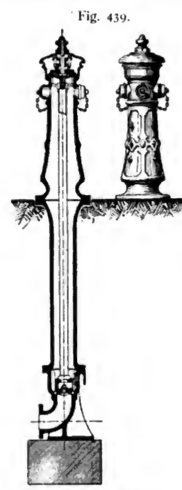
Der letztgenannte Uebelſtand ſowohl, als auch die nicht unbedeutenden Waſſerverluſte der ebengenannten Hydranten in der Zwiſchenſtellung haben zu der unter 3 gedachten Hydrantenkonſtruktion geführt, wie ſie in Fig. 438 dargeſtellt iſt.

Bei dieſer Konſtruktion entleert ſich nach gemachtem Gebrauche des Hydranten

359) Gerstner, E. Hofwaſſerwerk zu Karlsruhe. Karlsruhe 1871.

das Steigrohr nur dann, wenn durch Heben der darin ftehenden Stange der Pfropfen P entfernt und dort ein Abflufs eröffnet wird. Da man die Hydranten im Winter wenig benutzt, im Sommer aber das Stehenbleiben des Waffers im Steigrohre keine Nachteile hat, fo ift diefe höchft einfache Konftruktion in vielen Fällen, befonders bei Gartenhydranten, zu empfehlen. Allerdings ift zu beforgen, dafs bei etwaiger Nichtentleerung oder bei undichtem Verfchluffe der Hydrant im Winter einfriert; in einzelnen Gebäuden und felbft in gröfseren Gebäudegruppen hat man jedoch meiftens die nötige Zeit, um diefe Einrichtungen nachzufehen. Mufs das verbrauchte Waffer nach Meffern bezahlt werden, fo gewährt der Umftand, dafs fich jede Undichtheit des Wafferabfchluffes gegen die Leitung in diefem Hydranten fofort durch das Anfteigen der Wafferfäule im Steigrohre kundgibt, auch eine angenehme Ueberwachung des Verfchluffes, welche bei den unter 2 genannten Hydranten fchwieriger ift, weil dort die Verlufte durch die der Selbftentleerung dienende Oeffnung unbemerkt entweichen können.

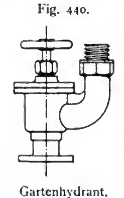
Fig. 439.



Ueberflurhydrant.
ca. $^1/_{40}$ w. Gr.

Das Auffinden und Oeffnen der feither befchriebenen Hydranten bei Nacht und im Winter, wenn Schnee liegt, hat in manchen Fällen zu Unzuträglichkeiten geführt, welche man durch die in Fig. 439 dargeftellte Anordnung der fog. Ueberflurhydranten zu vermeiden fuchte. Die letzteren haben im wefentlichen die gleiche Konftruktion wie die unter 2 genannten mit felbfttätiger Entleerung des Steigrohres; jedoch ift die Handhabung des Ventils von oben eher möglich, indem die Spindel etwa 1 m über Bodenfläche in einer gufseifernen, über den Boden aufragenden und deshalb leicht auffindbaren Standfäule hochgeführt ift, an welcher fich auch die Schlauchverfchraubungen, die in der Regel paarweife angeordnet werden, befinden. Solche Anordnungen find fehr bequem und eignen fich gut an allen jenen Stellen, welche nicht befahren werden; fie laffen fich jedoch wegen Mangels an geeigneten Plätzen nicht überall durchführen und find felbftverftändlich, je nach Ausftattung, teuerer als die in die Erde eingelaffenen Hydrantenkonftruktionen.

Fig. 440.



Gartenhydrant.
$^1/_{10}$ w. Gr.

Hydranten mit kleineren Lichtweiten der Ausflufsrohre werden auch vielfach in Gärten und im Inneren der Gebäude verwendet. Die letzteren finden in Art. 479 Erwähnung; die Gartenhydranten werden im Winter nicht benutzt, und deshalb find bei ihnen befondere Einrichtungen zum Schutze gegen Froft nicht nötig. Die am häufigften getroffene Anordnung für Gufseifenrohre ift in Fig. 440 dargeftellt; doch gibt es, je nach Art ihrer Verbindung mit der Rohrleitung, welch letztere auch aus galvanifierten fchmiedeeifernen Rohren oder Bleirohren beftehen kann, gleichfalls hiervon abweichende Konftruktionen.

477.
Brunnen.

Man findet noch in vielen, befonders in Gebirgsgegenden, aufserhalb der Gebäude zur Trinkwafferentnahme für Menfchen und Haustiere ftändiglaufende Brunnen

angeordnet. Ihre Einrichtung ift fehr einfach: ein mit Stellhahn verfehenes Zuleitungsrohr fteigt in einem in der Regel aus Stein oder Eifen hergeftellten Brunnenftock in die Höhe und mündet etwa 1,20 bis 1,30 m über dem Boden in das Freie.

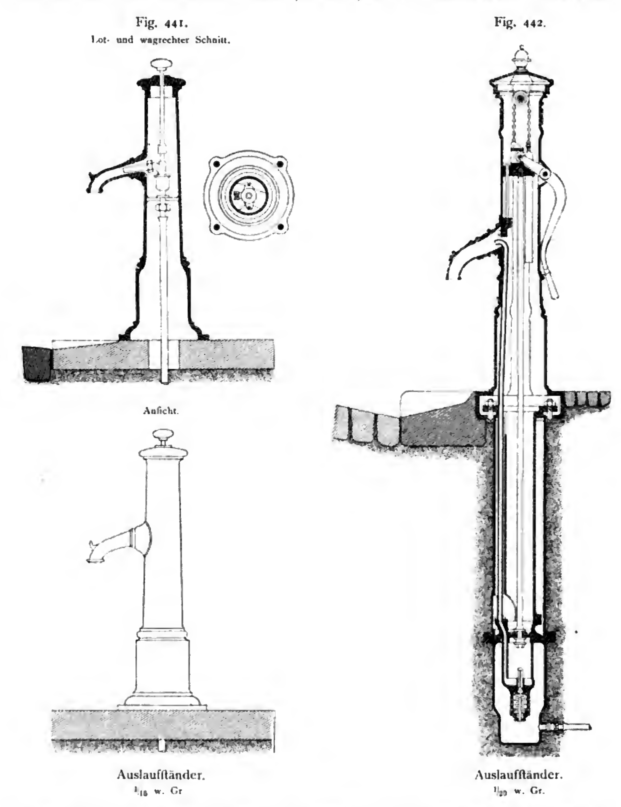


Fig. 441.
Lot- und wagrechter Schnitt.

Anficht.

Auslaufftänder.
1/15 w. Gr

Fig. 442.

Auslaufftänder.
1/20 w. Gr.

Soweit das Rohr aus dem Brunnenftock heraustritt, wird es etwas verengt und ergiefst fodann das Waffer in lotrechtem oder parabolifchem Strahle in eine Brunnenfchale, welch letztere mehr oder weniger grofs angeordnet wird, je nachdem fie als Vorratsbehälter (zum Viehtränken, Schöpfen mit Giefskannen und Eimern u. f. w.)

dienen foll oder nicht. Das Waffer aus den Rohren folcher Brunnen ift im Sommer natürlich ftets frifcher als jenes aus den Hausleitungen, und das Einfrieren im Winter ift nicht zu beforgen. Bemerkt fei noch, dafs es ftets ratfam ift, ein befonderes Rohr im Brunnenftock hochzuführen; niemals follte man den Brunnenftock felbft als Steigrohr benutzen, weil er dabei unvermeidlich zerftört wird.

Im ubrigen werden häufig im Freien auch Zapfbrunnen angewendet. Die Anordnung eines Wandbrunnens im Hofe haben wir bereits in Art. 474 (S. 457) u. Fig. 425 gegeben; an gleicher Stelle haben wir auf freiftehende Zapfbrunnen hingewiefen, welche in Fig. 441 u. 442 dargeftellt find.

In Fig. 441 fehen wir einen Brunnen, bei welchem durch Drücken auf den oberen Knopf an der Standfäule ein Ventil geöffnet wird; diefes Ventil fchliefst fich felbfttätig, fobald der Druck auf den Knopf aufhört. Fig. 442 ftellt einen Zapfbrunnen dar, welcher auch im Winter im Betriebe bleiben kann; durch das Aufheben eines Hebels wird ein mit Gegengewicht ausbalancierter Kolben auf die Führungsftange des Einlafsventils gedrückt und dadurch der Auslauf bewirkt; beim Loslaffen des Hebels heben das Gegengewicht und der Druck des Waffers im Auslaufrohre nach gefchloffenem Ventil den Kolben wieder in die Höhe, und das Waffer finkt auf eine Tiefe hinab, in welcher es nicht mehr einfrieren kann. Ausbefferungen an der Einrichtung können ohne Ausfchachten des Brunnens erfolgen. Aehnliche Einrichtungen wie in Fig. 442 beftehen in grofser Menge.

Stehen bei einer Wafferverforgung reichliche Waffermengen zur Verfügung, fo werden derartige Brunnen felten angewendet; in der Regel wird an ihre Stelle ein einfacher Zapfhahn (fiehe Art. 479, S. 468) eingerichtet, hinter deffen Ventil eine ca. 1 mm weite Oeffnung angebracht ift. Das durch diefe Oeffnung ftändig in die Brunnenfchale entweichende Waffer verhindert durch ftetes Nachziehen wärmeren Waffers aus der Zuleitung das Einfrieren des Steigrohres in wirkfamfter Weife.

Fig. 443.

Mundftück für Springbrunnen.
1/10 w. Gr.

478.
Springbrunnen u. f. w.

Als ganz befonders wirkfame Zierde öffentlicher und privater Gebäude wurden von jeher die Springbrunnen und Wafferkünfte aller Art betrachtet. Ueber Zuleitungen zu folchen Anlagen haben wir bereits in Art. 473 (S. 456) abgehandelt; es ift zur Erzielung fchöner Wafferftrahlen angemeffen, keine gröfsere fekundliche Gefchwindigkeit in der Zuleitung als 1 m eintreten zu laffen.

Als Mundftücke fur den lotrecht auffteigenden Strahl (welche ebenfalls als Mundftücke für Strahlrohre zu Hydranten paffen) empfehlen fich erfahrungsgemäfs folche am beften, welche auf eine Strecke $h = 1{,}5$ bis $2{,}0\ d$ (Fig. 443) rein zylindrifch find und fich gegen die Strahlrohre trompetenartig erweitern.

Da man für einen mächtigen gefchloffenen Strahl fehr viel Waffer verbraucht, fo hat man ihn bei gröfseren Springbrunnen durch eine fog. Sprungplatte (Fig. 444) geteilt. Diefe Platte ift auf das befte für die Erreichung eines fchönen Strahles geeignet, wenn die Oeffnungen in ihr durch Zwifchenräume z unterbrochen find, wobei $z = \frac{3\,l}{4}$, $b = \frac{2\,l}{7}$ und $l = 0{,}55\ r$.

Fig. 444.

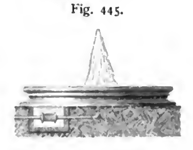
Sprungplatte für Springbrunnen.
1/10 w. Gr.

Stehen eine grofse Druckhöhe und verhältnismäfsig wenig Waffer zur Verfugung, fo pflegt man zur Erreichung eines fchönen Strahles das Mundftück des Springbrunnens tiefer, als der Wafferfpiegel im Becken ift, zu legen. In diefem Falle reifst der auffteigende Strahl ftets Waffer aus dem Becken mit empor und erfcheint — allerdings auf Koften feiner Höhe — viel reichlicher.

Je tiefer man das Mundftück fenkt, umfo niedriger wird der Strahl, bis er fich endlich zu einem Sprudel umformt[360]).

Will man bei hohem Drucke einen oder mehrere Vollftrahlen reichlich mit Waffer fpeifen, aber nur auf geringe Höhen (Weiten) fpringen laffen, fo kann man durch einen nach Art der Strahlvorrichtungen konftruierten Sauger (vergl. Art. 473, S. 457) Waffer aus dem Becken nachfaugen und, je nach dem verfügbaren Drucke, durch das Mundftück erheblich mehr Waffer auswerfen laffen, als von der Wafferverforgung her zufliefst (Fig. 445). Die Strahlvorrichtung wird in die Zuleitung eingefchaltet und möglichft tief in das Becken gelegt, damit fie ftets reichlich mit Waffer umgeben ift; von diefem Waffer faugt fie ab und wirft es von neuem wieder aus, und zwar umfomehr, je kleiner die Wurfweite und je gröfser im Verhältnis zu diefer der Wafferdruck im Zuleitungsrohre ift.

Fig. 445.



Springbrunnen mit Sauger.
1/300 w. Gr.

Sehr zu beachten ift bei allen Springbrunnen, dafs die Gröfsen der Becken im richtigen Verhältniffe zur Strahlhöhe ftehen; für kleinere Schalen mufs man alle hohen Strahlen vermeiden, weil fie vom Winde über die Beckeneinfaffung hinaus geworfen werden, wodurch fich die Umgebung des Springbrunnens in einem Sumpf verwandelt. Umfo beffer läfst fich aber bei kleinen Becken und niedrigem Strahle eine etwa vorhandene grofse Wafferdruckhöhe im Zuleitungsrohre zur Erfparnis von Waffer mit gutem Erfolg benutzen, was leider fo felten gefchieht.

Bei Anlage von fehr grofsen Springbrunnen mit vielerlei und verfchieden hohen Strahlen empfiehlt es fich fehr, die Ventile oder Schieber, mittels welcher die einzelnen Strahlen geftellt werden, fämtlich in einen einzigen Schacht oder noch beffer in einen Raum zu verlegen, von welchem aus man jeden Strahl überfehen kann. Nur auf diefe Weife ift ohne grofse Umftände rafch ein gutes Zufammenwirken der einzelnen Strahlen zu erzielen.

Bezüglich der architektonifchen Geftaltung der Springbrunnen, ebenfo auch der Wandbrunnen, insbefondere wenn ein mehr monumentaler Charakter angeftrebt wird, fei auf Teil IV, Halbbd. 8, Heft 3 diefes »Handbuches« verwiefen.

479. Haus-einrichtungen: Zapfhähne.

Innerhalb der Gebäude führen die einzelnen Leitungen das Waffer den für die mannigfaltigften Zwecke angebrachten Zapfftellen zu, und hierzu werden Ventile und Zapfhähne der verfchiedenften Konftruktion verwendet.

Man wird unterfcheiden können:

1) einfache Entnahme durch Zapfhahn,
2) Entnahme durch ftändigen Auslauf und
3) Entnahme mittels Schwimmkugelhahnes zum Füllen von Behältern.

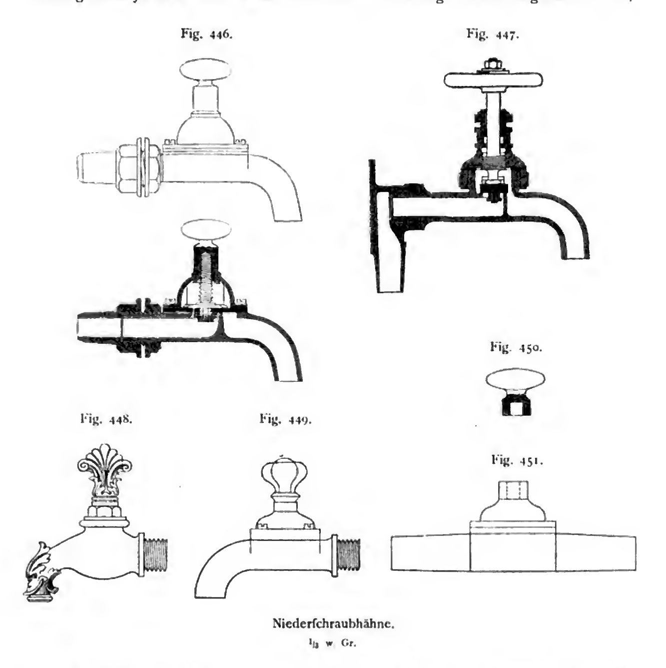
Die Zapf- oder Ausflufshähne follen einen kleineren Querfchnitt haben als das Leitungsrohr, von dem fie gefpeift werden.

Für die Konftruktion der Zapfhähne gilt unter allen Umftänden die Regel, dafs bei Leitungen, welche unter höherem Drucke ftehen, nur Abfchlufsvorrichtungen zur Verwendung kommen dürfen, bei denen ein plötzlicher Abfchlufs des Waffers und eine hieraus fich ergebende Stofswirkung in der Leitung nicht ftattfinden können. Daher find, wie bereits früher erwähnt wurde, Kegelhähne nicht ftatthaft, fondern

[360]) Ueber BORCKMANN's patentierte Mündungsftücke fiehe: Deutfche Bauz. 1881, S. 573. Wochbl. f. Arch. u. Ing. 1882, S. 181.

nur Ventile, bei welchen durch mehrmaliges Umdrehen eines Handgriffes das Oeffnen und Abſchlieſsen allmählich erfolgt. Sie werden am beſten aus Meſſing oder Rotguſs hergeſtellt und waſſerdicht geſchliffen.

Die gebräuchlichſten Formen dieſer Niederſchraubhähne ſind die Gummi-Niederſchraubhähne (Fig. 446) und die Ventilhähne (Fig. 447). Ihre Ausführung kann je nach dem Zwecke eine mehr oder weniger reich ausgeſtattete ſein,



Niederſchraubhähne.
$^1/_3$ w. Gr.

wie aus Fig. 448 u. 449 erſichtlich iſt. Soll der Hahn nur beſtimmten Perſonen zugänglich ſein, ſo erhält er bloſs ein von einer Blechhülſe umgebenes Schlüſſelvierkant (Fig. 451), ſo daſs das Oeffnen und Schlieſsen nur mittels eines aufgeſetzten Schlüſſels (Fig. 450) erfolgen kann.

Eine andere Konſtruktion eines Ventils, und zwar des ſog. *Peets*-Ventils, iſt aus Fig. 452 erſichtlich. Das Auf- und Abbewegen zweier Schieberplatten geſchieht ebenfalls mittels einer Schraube; die Platten werden in ihrer richtigen Stellung durch einen als Keil wirkenden Kegel an ihre Sitzflächen angedrückt.

Beabſichtigt man das Waſſer zeitweilig mittels eines Schlauches vom Hahne aus weiterzuleiten, ſo erhält der Auslauf des Hahnes ein Schraubengewinde, mittels

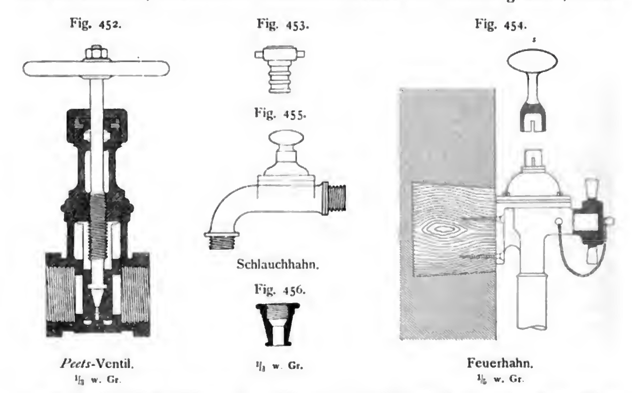


Fig. 452. *Peets*-Ventil. 1/3 w. Gr.

Fig. 453.

Fig. 455. Schlauchhahn.

Fig. 456. 1/3 w. Gr.

Fig. 454. Feuerhahn. 1/5 w. Gr.

deſſen die Schlauchverſchraubung (Fig. 453) befeſtigt wird. Ein derartiger Hahn wird mit dem Namen Schlauchhahn bezeichnet; ſeine Konſtruktion iſt aus Fig. 455 erſichtlich. Benutzt man dieſen Hahn längere Zeit zur einfachen Waſſerentnahme, ſo kann man das Schraubengewinde durch ein aufgeſchraubtes Mundſtück (Fig. 456) verdecken.

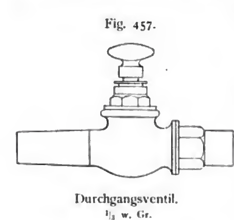
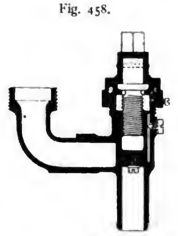


Fig. 457. Durchgangsventil. 1/3 w. Gr.

Grundſätzlich dem Schlauchhahne vollſtändig gleich, aber nur einfacher und in gröſseren Abmeſſungen ausgeführt, iſt der Feuerhahn (Fig. 454); dieſer ſoll nicht zur gewöhnlichen Waſſerentnahme benutzt werden und iſt daher auch nicht ohne Schlüſſel *s* zugänglich.



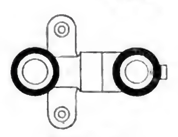
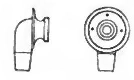


Fig. 458. Sprengventil. 1/5 w. Gr.

Beide Arten von Hahnen, die Gummi-Niederſchraub- und die Ventilhähne, werden auch als Abſperrvorrichtungen für einzelne Leitungen verwendet und führen in dieſer Form den Namen Durchgangsventile. Sie erhalten dann beiderſeitig Stutzen zum Einlöten und ſind durch Fig. 452 u. 457 verdeutlicht.

Das Schlauchventil findet in etwas veränderter Form auch als Sprengventil für Gärten (Fig. 458) Verwendung, indem es auf eine Holzbohle geſchraubt und, mit einer Schutzkappe

Fig. 459.



Wandſcheibe.
$^1/_5$ w. Gr.

überdeckt, an die Ränder der Gartenwege geſetzt wird (ſiehe Art. 476, S. 465 u. Fig. 440).

Die Verbindung der Zuleitung mit dem Hahne erfolgt entweder durch eine Wandſcheibe (Fig. 459), welche auf einem in die Wand eingelaſſenen Holzdübel mittels Holzſchrauben befeſtigt wird und daher zugleich zur ſoliden Befeſtigung des Hahnes an der Wand dient, oder unmittelbar durch Lötung.

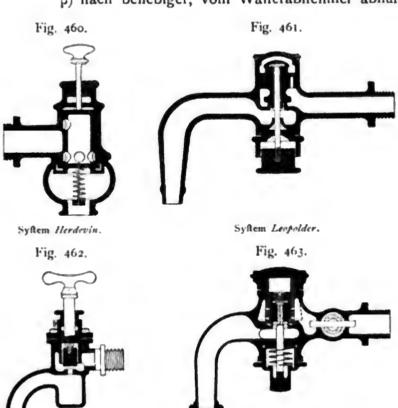
Hier muſs noch einer Art von Ventilen Erwähnung geſchehen, und zwar der **Selbſtſchluſsventile**, welche ſeinerzeit in den verſchiedenſten Konſtruktionen aufgetreten ſind, verurſacht durch einen von der Gemeinde Wien im Jahre 1878 hervorgerufenen Wettbewerb[361]).

Das Weſentlichſte dieſer Ventile beſteht darin, daſs man durch eine Drehung, einen Druck oder Zug mit der Hand das Ventil öffnet, durch einfaches Loslaſſen aber einen ſelbſttätigen Abſchluſs des Ventils herbeiführt. Hierdurch ſoll dem Offenſtehenlaſſen des Hahnes und der damit verbundenen Waſſervergeudung entgegengetreten werden. Der Abſchluſs dieſer Ventile iſt nicht immer ganz ſtoſsfrei; ſelbſt anfänglich gutwirkende Ventile können mit der Zeit unter Stöſsen abſchlieſsen, ſo daſs es bei einzelnen Konſtruktionen immerhin bedenklich bleibt, ſie unmittelbar an eine Druckleitung anzuſchlieſsen.

Der Abſchluſs des Ventils kann erfolgen:

1) durch mechaniſche Mittel (Feder, Uhrwerk, Gewichte);
2) durch den Waſſerdruck ſelbſt, und zwar entweder
   α) nach Ausfluſs einer gewiſſen Waſſermenge, oder
   β) nach beliebiger, vom Waſſerabnehmer abhängiger Dauer.

Fig. 460. Fig. 461. Fig. 462. Fig. 463.



Syſtem *Herdevin*. Syſtem *Leopolder*. Syſtem *Tylor*. Syſtem *Baumgartner*.

Selbſtſchluſsventile.
$^1/_8$ w. Gr.

Die hervorragendſten Konſtruktionen der einzelnen Syſteme ſind die folgenden.

Unter 1 gehörig:

a) Das Abſchluſsventil von *Herdevin* in Paris (Fig. 460). Der doppelte Abſchluſs erfolgt durch die Wirkung einer Feder.

Unter 2, α gehörig:

b) Das Abſperrventil von *Tylor* in London (Fig. 462). Das Ventil muſs vorher geſchloſſen geweſen ſein, um nach dem Aufdrehen Waſſer geben zu können. Die Behandlung iſt die gleiche wie beim Niederſchraubventil, und es kann auch als ein ſolches wirken. Das Ventil ſchlieſst nach Durchfluſs einer gewiſſen Waſſermenge (10 bis 15 l) ſelbſttätig ab.

361) Bericht hierüber ſiehe: Journ. f. Gasb. u Waſſ. 1879, S. 571.

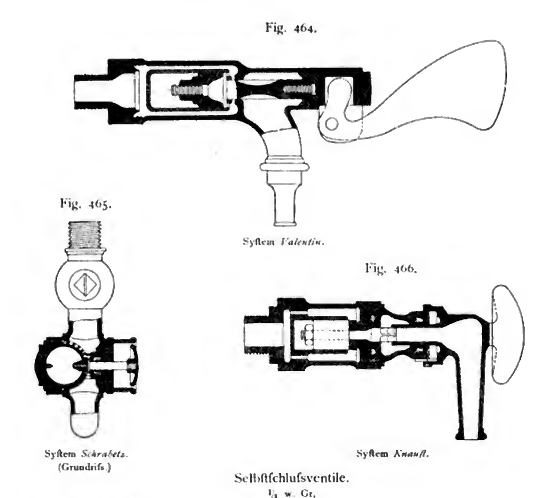


Fig. 464.

Syftem *Valentin*.

Fig. 465.

Syftem *Schrabetz*.
(Grundrifs.)

Fig. 466.

Syftem *Knaufl*.

Selbftfchlufsventile.
1/3 w. Gr.

Unter 2, β gehörig:

c) Das Abfperrventil von *Leopolder* in Wien (Fig. 461).
d) » » » *Baumgärtner* in Wien (Fig. 463).
e) » » » *Knaufl* in Wien (Fig. 466).
f) » » » *Valentin* in Frankfurt a. M. (Fig. 464).
g) » » » *Schrabetz* in Wien (Fig. 465).

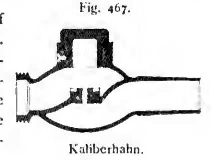
Diefe letztgenannten fünf Konftruktionen fchliefsen fich durch den eigenen Druck des Waffers; der langfame Schlufs wird durch die Form des Schlufsventils, zumeift aber durch das langfame Füllen eines kleinen, beim Oeffnen entleerten Raumes herbeigeführt. Die Ventile von *Schrabetz* und *Baumgärtner* befitzen noch einen vom Ventil unabhängigen Kegelabfchlufs.

Die guten Konftruktionen diefer Hähne laffen fich auch für öffentliche Brunnen und als Ventile für die Spüleinrichtungen der Aborte (fog. Spülhähne) verwenden.

Prämiiert wurden von der Wiener Prüfungskommiffion mit dem erften Preife das Ventil von *Baumgärtner*, mit dem zweiten jenes von *Schrabetz*[362]).

Die Entnahme von Waffer als ftändiger Auslauf wird durch fog. **Kaliber-** oder **Eichhähne** geregelt. Diefe Art der Entnahme ift in Mittel- und Norddeutfchland wenig üblich, mehr in Süddeutfchland; die Bezahlung des Waffers erfolgt nach Ausmafs. Die einfachfte Form eines Kaliberhahnes zeigt Fig. 467, wobei die Durchflufsmenge durch ein gelochtes Mundftück (Diaphragma) beftimmt wird.

Fig. 467.



Kaliberhahn.
1/3 w. Gr.

362) Vergl.: Berkowitsch, A. Selbftabfchlufs-Ventile auf der Ausftellung in Paris 1878. Wochfchr. d. öft. Ing.- u. Arch.-Ver. 1878, S. 183.
Rosenstingl, J. G. Vortrag über Selbftfchlufs-Ventile. Wochfchr. d. öft. Ing.- u. Arch.-Ver. 1879, S. 125.

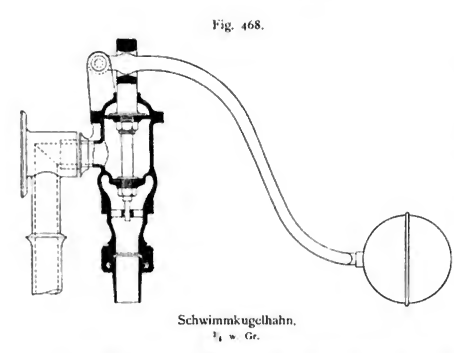


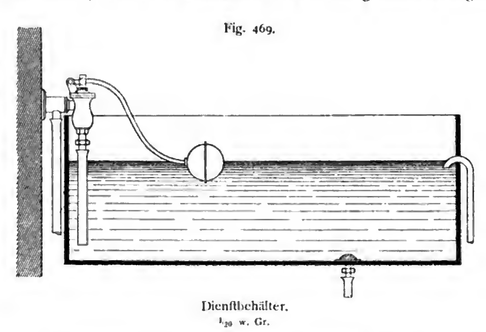
Fig. 468.

Schwimmkugelhahn.
$^1/_4$ w. Gr.

Zum Fullen von Behältern dienen die Schwimmkugelhähne. Dies find Ventilhähne, welche bei einem gewiffen Wafferftande durch eine Schwimmervorrichtung zum Abfchlufs gebracht werden, bei niedrigerem Wafferftande durch diefelbe Vorrichtung fich öffnen und Waffer ausfliefsen laffen. Fig. 468 gibt ein derartiges Ventil im Querfchnitt.

In einigen Städten, in welchen die Abgabe des Waffers nach Waffermeffern erfolgt, ift es nicht ftatthaft, die Schwimmkugelhähne diefer einfachen Konftruktion zur Anwendung zu bringen. Bei geringer Entnahme aus dem Behälter oder bei grofser Wafferoberfläche des letzteren finkt der Wafferfpiegel nur um ein geringes; der Schwimmkugelhahn wird daher auch nur fehr wenig geöffnet; er ergänzt das fehlende Waffer fehr langfam und in Mengen, welche vom Waffermeffer, fofern diefer dem Syftem der Flügelmeffer angehört, nicht angezeigt werden. An diefen Orten dürfen nur folche Schwimmkugelhähne zur Anwendung kommen, welche fich erft plötzlich öffnen, fobald der Wafferftand bis auf ein gewiffes Mafs gefallen ift.

Fig. 469.



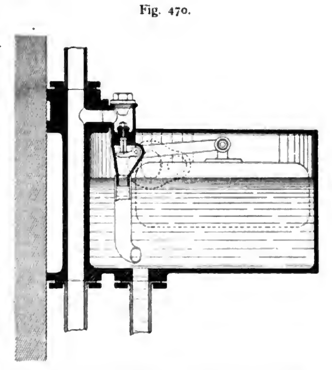
Dienftbehälter.
$^1/_{20}$ w. Gr.

Dies wird am einfachften durch einen zweiten Schwimmer erreicht, welcher den in feiner höchften Lage feftgehaltenen Schwimmer bei einem beftimmten Wafferftande auslöft. Beim Erreichen des höchften Wafferftandes bleibt der Ventilfchwimmer von felbft ftehen.

480. Dienſtbehälter.

Die Einrichtung eines **Dienſtbehälters** iſt aus Fig. 469 zu erſehen. Das zuſtrömende Waſſer wird bis ziemlich auf den Boden des Behälters geführt, damit die heftige Bewegung des Schwimmers beim Einſtrömen des Waſſers wegfällt. Die Abfluſsöffnung iſt durch ein Sieb geſchützt. Der Behälter erhält auſserdem einen Ueberlauf, durch den etwa überſchüſſig zuflieſsendes Waſſer unmittelbar nach der Ableitung geführt wird. Um zu verhüten, daſs aus der Ableitung etwa übelriechende Gaſe austreten, iſt der Ueberlauf entweder mit einem ∽ förmig gebogenen Geruchverſchluſs verſehen[363]), oder das Ueberlaufrohr mündet in einen vom Behälter abgetrennten, bis in die Höhe des Oberwaſſerſpiegels reichenden Raum. Dieſer Raum bleibt immer gefüllt, unabhängig von den Schwankungen des Waſſerſpiegels im Behälter.

Fig. 470.



Behälter für Selbſtſchluſsventile von *Fortin*.
$^1/_5$ w. Gr.

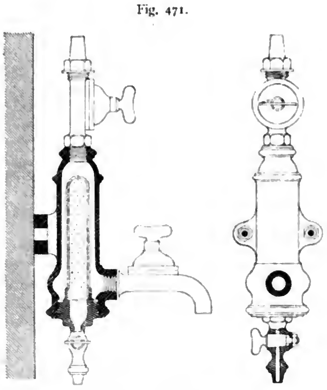
Die Spülhähne der Aborte und die Selbſtſchluſshähne trenne man, zur Vermeidung von Stoſswirkungen, durch Einſchalten von kleineren Behältern (auch Dienſtbüchſen, Spülreſervoire u. ſ. w. genannt) von der unmittelbaren Verbindung mit der Hauptleitung ab; Fig. 470 zeigt eine kleinere, von *Fortin* in Paris ausgeführte Einrichtung mit Schwimmer, die hauptſächlich für Selbſtſchluſsventile beſtimmt iſt.

481. Hausfilter.

Schlieſslich muſs noch einer Gattung von Vorrichtungen Erwähnung getan werden, welche vor dem Gebrauche des Waſſers zur Anwendung kommen können und eine mechaniſche, unter Umſtänden auch chemiſche Reinigung des Waſſers herbeiführen ſollen. Dies ſind die **Hausfilter**.

Für die Reinigung des Waſſers ſind die verſchiedenſten Materialien vorgeſchlagen und angewendet worden. Von der groſsen Anzahl ſeien nur folgende erwähnt: Wollabfälle mit Alaun, Eiſenſalzen und Gerbſäure getränkt, Seeſchwämme, Kohle, Wollengewebe, künſtliche und natürliche poröſe Steine *(Grès filtrant)*, Eiſenſchwamm, Sand u. ſ. w.

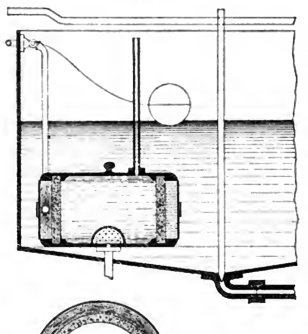
Fig. 471.



Filter von *Salbach*.
$^1/_5$ w. Gr.

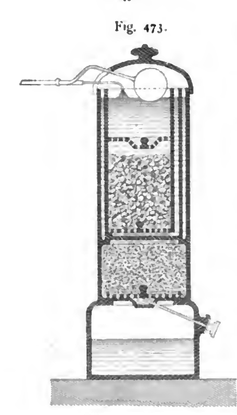
363) Vergl. das im nächſten Bande dieſes »Handbuches« über »Entwäſſerung der Gebäude« Geſagte.

Fig. 472.



Londoner Filter.
1/20 w. Gr.

Fig. 473.



Filter von *Bifchof.*
1/20 w. Gr.

Man kann zweierlei Filter unterfcheiden:

1) Filter, welche unmittelbar in die Leitung eingefchloffen oder an fie angefchloffen werden können, und

2) Filter, welche nicht unter hohem Drucke arbeiten und denen das Waffer durch einen Schwimmkugelhahn zugeteilt wird.

Eine zu 1 gehörige Vorrichtung zum unmittelbaren Einfchalten ift das von *Salbach* konftruierte kleine Hausfilter (Fig. 471); es dient zur Entnahme von filtriertem und unfiltriertem Waffer; die Filtration erfolgt durch ein mit Filz überzogenes Sieb. Beim Oeffnen des direkten Hahnes nimmt das ausftrömende Waffer fämtliche Unreinigkeiten, welche fich auf dem Filzfilter abgelagert haben, mit hinweg. Mikroorganismen werden durch diefes Filter nicht zurückgehalten.

Von ähnlichen hierher gehörigen Filtern mag das von *Chamberland* nach *Pafteur*'s Vorgang konftruierte und das Mikromembranfilter von *Breyer* erwähnt werden.

Das erftere befteht aus einem Zylinder von fehr hartgebrannter Kaolinmaffe mit einer unten befindlichen, engeren Ausflufsöffnung; der Zylinder ift von einem unten mit ihm verbundenen Metallmantel umgeben. Im Raume zwifchen Mantel und Zylinder wird das zu reinigende, unter Druck ftehende Waffer (wie oben beim *Salbach*'fchen Filter) eingeleitet und von aufsen nach innen durchgeprefst. Zur Reinigung nimmt man den Kaolinzylinder heraus und bürftet ihn ab. Beim *Breyer*'fchen Filter befteht der Filterkörper bei fonft gleicher Anordnung aus einer dünnen Lamelle von äufserft feingemahlenem Asbeft.

Ein Verfahren zur Bereitung von Filtriereinrichtungen behufs Reinigung des Waffers von Mikroorganismen hat fich der Schwede *Olof Fredrik Oeberg* in Stockholm für das Deutfche Reich patentieren laffen[364]).

Wohl das ältefte und gewifs fehr brauchbare Filter diefer Art, das ägyptifche Hausfilter *(Sihr)*, ift ein einfaches, birnförmiges, poröfes Tongefäfs, welches *Huldermann* in der untengenannten Quelle[365]) eingehend befchrieben hat.

Von denjenigen Filtern, denen das Waffer mittels Schwimmkugelhahnes zufliefst, mögen das fog. Londoner Filter (Fig. 472) und das *Bifchof*'fche Filter (Fig. 473) erwähnt werden.

[364]) D. R.-P. Nr. 34689.
[365]) Zeitfchr. f. bild. Kunft 1886, Kunftgwbebl., S. 218.

Der wirkfame Teil des Londoner Filters befteht aus einem Hohlzylinder von Filterkohle. Diefer befindet fich in einem Kaften innerhalb des Schwimmkugelbehälters, und der Schwimmkugelhahn führt fo viel Waffer zu, als durch das Filter abfliefst. Will man die Filterfläche reinigen, fo öffnet man ein in der Mitte des Behälters befindliches Ventil, wodurch der Wafferftand fchnell fällt, wobei dann die Zuleitung die Filterfläche kräftig umfpült.

Bifchof verwendet als Filtermaterial fog. Eifenfchwamm, d. h. feinverteiltes metallifches Eifen, welches aus Kiesabbränden nach dem Ausziehen des Kupfers gewonnen wird. Das Waffer durchzieht fodann eine zweite Filterfchicht aus Braunftein oder präpariertem Sande, ehe es in das Reinwaffergefäfs übertritt.

Schliefslich mag noch das von *Piefke* erfundene Schnellfilter[366]) Erwähnung finden.

Das Filtriermaterial befteht hier aus Zellulofe, welche als Faferbrei oder als geprefste Scheibe auf Sieben ftufenförmig in einem allfeits gefchloffenen Blechzylinder liegt. Diefe Zellulofe und das Sieb werden vom zugeleiteten trüben Waffer zwangläufig durchfloffen, wobei letzteres feine Unreinigkeiten an das Filtermaterial abgibt; letzteres mufs felbftverftändlich häufig erneuert werden. Bei forgfältigem Auflegen der Reinigungsmaffe bewähren fich diefe Filter gut. Näheres darüber findet fich in der untengenannten Quelle[367]).

In Deutfchland wird man wohl nur in ganz wenigen Fällen von den Hausfiltern Gebrauch machen müffen, da das allgemeine Beftreben dahin geht, bereits gutes Waffer für die Wafferwerke zu gewinnen oder etwa zur Verforgung zu verwendendes Flufswaffer u. f. w. durch zentrale Sandfiltration vor der Verteilung abzuklären. Das bei der Sandfiltration angewandte Verfahren haben wir bereits in Art. 442 (S. 419) angegeben. Bei paffend gewähltem Sande ift es möglich, felbft ganz fchmutziges Waffer kriftallhell herzuftellen, fo dafs nach diefer Richtung hin die Filtration ihren Zweck vollftändig erfüllt. Zu beachten bleibt jedoch immerhin, dafs alle bis heute bekannten Filtrationsverfahren, felbft die Mikro-Membranfilter, kein vollftändig mikrobenfreies Waffer zu befchaffen vermögen. Um feftzuftellen, wie grofs im allgemeinen die Zahl entwickelungsfähiger Keime im Trinkwaffer fein darf, hat *Wolffhügel* (in den Veröffentlichungen des kaiferl. deutfchen Gefundheitsamtes vom Jahre 1886) Zufammenftellungen über den Keimgehalt brauchbarer Trinkwaffer gegeben, worauf wir verweifen. Vollftändig keimfreies kaltes Waffer wird in der Natur wohl fchwerlich zu finden fein.

Ueber die in Gebäuden herzuftellenden Wafch-, Wafchtifch- und Badeeinrichtungen, fowie über die Spülaborte wird im nächften Bande diefes »Handbuches« in ausführlichfter Weife abgehandelt, fo dafs wir bezüglich diefer Anlagen hierauf verweifen; ebenfo hinfichtlich Verwendung des Waffers zu hydraulifchen Aufzügen, welche im vorhergehenden Bande (Heft 2, Abt. IV, Abfchn. 2, unter B) Erwähnung finden.

482.
Betrieb von
Motoren.

Für den Betrieb von Motoren aller Art, namentlich Motoren für Lüftung, insbefondere Sauglüftung, für kleinere Mafchinenbetriebe und ähnliche Zwecke findet das von der Wafferleitung unter Druck in die Gebäude geleitete Waffer die mannigfaltigfte Anwendung. Das Waffer der Wafferleitung wirkt entweder auf eine kleine Turbine, welche es in Umdrehung fetzt, wie in Fig. 474, oder es betreibt eine Kolbenmafchine, wie in Fig. 475 dargeftellt. Nur in dem Falle, in welchem man kein ganz reines Betriebswaffer zur Verfügung hat oder wenn die Arbeitsmafchine grofse Gefchwindigkeit erhält, verdienen Turbinen vor den Kolbenmafchinen den Vorzug; in anderen Fällen find die letzteren empfehlenswerter.

---

366) D. R.-P. Nr 1571, mit Zufätzen Nr 21702 u. 25740.

367) Centralbl. d. Bauverw. 1883, S. 298.

Wir haben in Fig. 475 den bekannten *Schmid*'schen Motor dargestellt. Die oszillierende Bewegung des Zylinders bewirkt, dass das Wasser abwechselnd von der einen und dann von der anderen Seite gegen den Kolben drückt, wodurch die etwa 80 Vomhundert Nutzeffekt gebende Maschine betrieben wird. Wie die Bewegung bei der Turbine erzeugt wird, ist ohne weiteres aus der Abbildung ersichtlich.

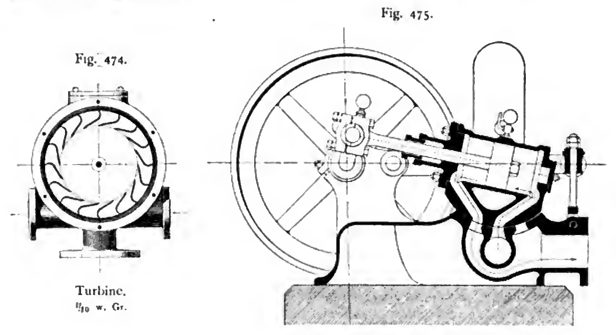


Fig. 474. Turbine. $^{1}/_{10}$ w. Gr.

Fig. 475. *Schmid*'scher Motor. $^{1}/_{25}$ w. Gr.

483. Wassermess-einrichtungen.

Die Wassermesseinrichtungen beruhen auf dem gleichen Grundsatze wie die Motoren, d. h. es sind kleine Motoren, deren Nutzarbeit in der Bewegung eines Uhrwerkes oder Umdrehungszählers besteht. Zunächst ist einleuchtend, dass die in der durch Fig. 475 dargestellten Vorrichtung verbrauchte Wassermenge sich aus dem Produkte des Ausmasses zweier Zylinderfüllungen mal der Anzahl von Umdrehungen des Schwungrades berechnen lässt. Würde man demgemäss die in einem Gebäude zu verbrauchende Wassermenge zunächst durch einen solchen Motor leiten und erst nach Durchfliessen des letzteren benutzen, so wäre das Ausmass durch die Zahl der Umdrehungen festzustellen. Solche und ähnliche Motoren sind deshalb zuverlässige Wassermesser, wenn sie mit Umdrehungszähler versehen sind, und man nennt sie in dieser Anwendung Kolbenmesser. Der hohen Anschaffungs- und Unterhaltungskosten wegen sind sie jedoch wenig verbreitet.

Man misst den Wasserverbrauch fast ausschliesslich durch Turbinenmesser oder, wie man sie auch heisst, Flügelmesser. Das Grundsätzliche der Messung beruht auf der einfachen Tatsache, dass, unter sonst gleichen Umständen, eine Turbine in einer bestimmten Zeit umsomehr Umdrehungen machen wird, je mehr Wasser durchfliesst und umgekehrt. Nachstehend ist ein derartiger Wassermesser, System *Meinecke*, beschrieben und in Fig. 476 abgebildet.

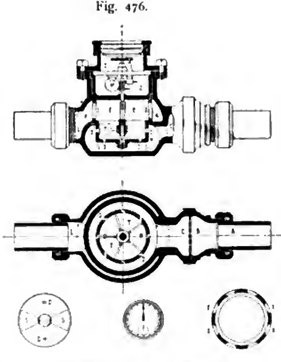
Das Wasser tritt bei *A* in die Vorrichtung und muss ein durch Verschraubung festgehaltenes Sieb *B* passieren, welches zur Abhaltung grober Unreinigkeiten dient und, ohne dass der Messer aus der Leitung geschraubt wird, leicht ausgelöst und abgespült werden kann.

Von *C* aus strömt das Wasser durch die Oeffnungen *D* des Einsatzes *N* auf das Flügelrädchen *T* und setzt dieses in Umdrehung. Die Anzahl der Umdrehungen bilden den Massstab für die durch den Wassermesser geflossene Wassermenge, und letztere wird durch ein Zählwerk *Z* nach mehrfacher Räderübersetzung auf dem Zifferblatt registriert.

Aus dem Flügelradraume *E* tritt das Waffer durch die Oeffnungen *J* in den Ringkanal *K* und von dort in den Abflufs *L*.

Das gebräuchlichfte Zifferblatt geftattet das unmittelbare Ablefen der durchgefloffenen Waffermenge bis auf 2 Hundertteile genau von 100 l bis 1 Mill. Kub.-Meter. Auch Zifferblätter mit Zehnliterteilung werden eingerichtet; ebenfo werden, anftatt der gebräuchlichften beweglichen Zifferblätter, feftftehende angefertigt, welche mit mehreren kleinen Zifferblättern verfehen find — ähnlich den Zifferblättern für Gasuhren; doch erhöht fich mit der hierdurch bedingten bedeutend gröfseren Anzahl von Rädchen, welche im Zählwerk angebracht werden müffen, die Ausbefferungsbedürftigkeit naturgemäfs, ebenfo wie der Meffer an feiner Empfindlichkeit verliert.

Fig. 476.



Waffermeffer von *Meinecke*.
$^1/_5$ w. Gr.

Der Waffermeffer ift mit einer Stellvorrichtung verfehen, der drehbaren, fektorförmigen Scheibe *S*, welche den Zweck hat, eine Regelung der ganzen Vorrichtung nach vollendeter Juftierung vornehmen zu können. Eine Verengerung der Einflufsöffnungen *D* am Boden des Einfatzes *N* durch Verfchieben der beweglichen Stellfcheibe bewirkt eine Preffung des einftrömenden Waffers und durchweg höhere Regiftrierung, eine Erweiterung umgekehrt eine durchgängig niedrigere Regiftrierung.

Bei den ebenbefchriebenen, fowie den gebräuchlicheren *Siemens*'fchen und *Spanner*'fchen Waffermeffern befteht die Turbine aus Meffing; zur Erleichterung der Bewegung find jedoch auch Turbinen aus Hartgummi (von *Dreyer, Rofenkranz & Droop* in Hannover, *Lux* in Ludwigshafen) hergeftellt worden.

Im allgemeinen find die heute im Gebrauche befindlichen Turbinenwaffermeffer genaue, gute Inftrumente, welche den Verbrauch auf 2 bis 3 Hundertteile annähernd richtig angeben, fofern das Durchftrömen durch den Meffer nicht fo langfam vor fich geht, dafs die Arbeit der Reibung, welche bei der Bewegung der Rädchen entfteht, von der Energie des Waffers nicht überwunden werden kann. Für kleinen Verbrauch follte ohne Rückficht auf die Weite der Zuleitung auch ein kleiner Waffermeffer gewählt werden; denn die Waffermenge, welche ungemeffen durchläuft, fteigt im Verhältnis zur Gröfse des Meffers. Laufen durch einen Waffermeffer abwechfelnd kleine, dann wieder fehr grofse Waffermengen, fo werden zur möglichft genauen Regiftrierung zwei Waffermeffer verfchiedenen Kalibers vereinigt.

484.
Verfchiedene befondere Einrichtungen.

Um jederzeit fowohl zu den Sammelanlagen einer Wafferverforgung, als auch zu den Mechanismen der Rohrleitungen u. f. w. gelangen zu können, die aufserhalb der zu einer Gebäudegruppe gehörigen Gebäude etwa angebracht find, müffen an entfprechenden Stellen Einfteigefchächte angeordnet werden. Diefe Schächte werden nach oben durch gufseiferne Schachtdeckel verfchloffen, welche entweder in Steineinfaffungen oder — was ftets beffer ift — in befonderen gufseifernen Rahmen liegen und entweder mit befonderem Verfchlufs verfehen oder mit einfachen Löchern u. f. w. zum Ausheben ausgeftattet find.

Die Einfteigefchächte müffen, um darin noch arbeiten zu können, mindeftens 0,70 bis 0,90 m Lichtweite haben und werden in diefem Falle gewöhnlich in der durch Fig. 477 dargeftellten Weife abgedeckt. Der Schachtdeckel ift ftets kreisrund, nie eirund anzufertigen, weil er im

Fig. 477.

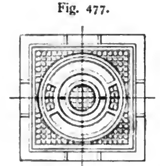




Fig. 478.



Deckel für Einſteigeſchächte.
$^1/_{25}$ w. Gr.

letzteren Falle durch Unvorſichtigkeit in den Schacht hinabfallen kann. Der Rahmen iſt aus Gußeiſen und zum Anſchluſs von Pflaſterung oder Straſsenſchotter hergerichtet.

Manchmal legt man den Rahmen mit Deckel in eine Steinfaſſung, wie in Fig. 478 dargeſtellt iſt. In dieſem Falle ſollte das Guſseiſen nie unmittelbar auf den Stein geſetzt, ſondern ſtets auf einen Zwiſchenrahmen von Holz gelagert werden. Zum Ausheben des Deckels wird entweder in der Mitte oder zu beiden Seiten eine rechteckige Oeffnung ausgeſpart, in welche der Schlüſſel geſteckt werden kann, der ſodann beim Umdrehen von der langen nach der kurzen Seite des Rechteckes anpackt. Durch dieſe Oeffnungen gelangen leicht Unreinigkeiten in die Schächte; um dies zu verhüten, wendet man auch die in Fig. 479 u. 480 dargeſtellten Abdeckungsweiſen an, hauptſächlich bei kleineren (Hydranten-) Abdeckungen (Straſsenkappen).

In Fig. 479 wird die Schlüſſelöffnung durch ein Vierkant ausgefüllt, welches durch eine Bronzefeder gehalten iſt und während des Oeffnens mit dem Schlüſſel tiefgedrückt werden muſs. Bei Fig. 480 packt der Schlüſſel (welcher als Haken geſtaltet iſt) einen ſchmiedeeiſernen Steg s; der Deckel wird zunächſt lotrecht gehoben und dann um die Achſe a gedreht. Für ſchwere Deckel iſt die erſtgenannte Konſtruktion die beſſere.

Fig. 479. Fig. 480.

Deckel für Hydrantenrohre.
$^1/_{25}$ w. Gr.

Schachtanlagen, welche zu Reinwaſſerkanälen u. ſ. w. führen, ſollten nie unmittelbar über die letzteren, ſondern ſtets ſeitlich davon gelegt werden, weil die Schachtabdeckungen nie dicht abſchlieſsen, alſo Regenwaſſer, Staub u. ſ. w. leicht eindringen können und weil beim Beſteigen der Schächte ſtets Unreinigkeiten von den Fuſsbekleidungen der Arbeiter u. ſ. w. in das reine Waſſer gelangen würden. Man pflegt deshalb in ſolchen Fällen zwiſchen den waſſerführenden Kanal und den Schacht eine Brücke zu ſetzen. Die Oeffnungen o (Fig. 481) der zu Rohrmechanismen führenden Einſteigeſchächte dürfen, wenn die letzteren groſs ſind, nie über die Mitte gelegt, ſondern müſſen ſtets an einer Seitenwand angeordnet werden, an welcher die Steigeiſen für den Abſtieg des Wärters eingelaſſen werden können. Gröſsere Schächte werden am beſten mit Betongewölben verſehen; bei dieſen iſt auch die Einſteigeöffnung in bequemſter Weiſe auszuſparen.

Fig. 481.

Anordnung der Einſteigeöffnung.

Wenn in ausgedehnten Höfen oder Anlagen einer Gebäudegruppe Schieber mit Schutzrohr und Straſsenkappe oder Hydranten angeordnet ſind, ſo iſt, abgeſehen von etwa angewendeten Ueberflurhydranten, an paſſenden Stellen der Gebäude, an ſtarken Bäumen u. ſ. w. oder an beſonders errichteten Pfoſten ein Zeichen anzubringen, welches die Lage der gedachten Gegenſtände genau in den Ausmaſsen anzeigt, damit man ſie unter Schneedecken oder bei zufälligen Verſchüttungen, Ueberwachſen mit Gras u. ſ. w. im Notfall raſch und ſicher findet. Die Maſse pflegt man als rechtwinkelige Ordinaten (in Met.) auf beſonderen Täfelchen aus Metall oder Email in deutlicher Weiſe anzugeben.

Steht eine Wafferleitung unter fehr hohem Drucke (8 bis 12 Atmofphären), fo find erfahrungsgemäfs die gewöhnlichen Einrichtungen an Hydranten u. f. w. nicht ausreichend, um die Rohrfahrten vor den Wirkungen der Widderftöfse beim Schliefsen der Hydranten zu bewahren. In folchen Fällen find Windkeffel vor die Hydranten zu fetzen. Ebenfo mufs am oberften Ende einer Steigleitung im Inneren der Gebäude ftets ein Windkeffel angebracht werden. Die Windkeffel vor den Hydranten erhalten einen Luftraum von ca. 0,03 bis 0,05 cbm, jene der Steigleitungen einen folchen von ca. 0,003 bis 0,005 cbm. Für Hausleitungen eignen fich folche, wie in Fig. 482, für Hydranten folche, wie in Fig. 483 dargeftellt. Man ftellt die letzteren ftets aus Gufseifen her und gräbt fie, wie die Hydranten, in die Erde ein. Die erfteren erhalten Verfchraubungsanfchlufs und werden fowohl aus Gufseifen, als auch aus Kupfer getrieben in Verwendung genommen.

Fig. 482.

Windkeffel für Hausleitungen.

Fig. 483.

Windkeffel für Hydranten.

Bei allen Sammelanlagen fur Waffer müffen die hiervon abgehenden Rohrleitungen vor dem Einfchwemmen fperriger Gegenftände, Holzftückchen u. f. w. behütet werden. Zu diefem Zwecke verwendet man Seiher, welche in gelochtem oder gefchlitztem Kupferbleche, in der Regel verzinkt, in den in Fig. 484 bis 487

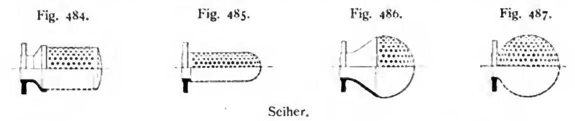


Fig. 484. Fig. 485. Fig. 486. Fig. 487.

Seiher.

dargeftellten Formen mit gufseifernen Anfchlufsflanfchen hergeftellt werden. Die Summe der Querfchnitte aller Löcher im Seiher mufs mindeftens dem doppelten bis dreifachen Rohrquerfchnitte entfprechen, wenn ein belangreicher Widerftand für die Einftrömung vermieden werden will. In neuerer Zeit werden ftatt der durchlochten Kupferbleche mit gutem Erfolg Gewebe aus Kupferdraht angewendet.

Die zur Aufnahme von Widderftöfsen angeordneten Windkeffel müffen mindeftens auf den doppelten bis dreifachen Betriebsdruck geprüft fein.

Ift zur Wafferverforgung eines Gebäudes in diefem felbft oder in feiner Umgebung ein Wafferbehälter angeordnet, fo ift es in den meiften Fällen fehr nützlich, den Wafferftand im Behälter an irgend einer Stelle des Erdgefchoffes ablefen zu können; wichtig ift dies befonders in Fabrikgebäuden, in welchen als Feuerreferve oder für andere Zwecke ftets ein beftimmter Waffervorrat vorhanden fein follte. Die zweckmäfsigfte Einrichtung zum Uebertragen der Wafferftandshöhe ift das Ausbalancieren der Wafferfäule durch eine Queckfilberfäule (Fig. 488); die letztere übt bekanntlich auf denfelben Querfchnitt eine 13,6 mal gröfsere Preffung aus als Waffer. Schwankt mithin der Wafferftand im Wafferbehälter um 6 m, fo wird die ihn anzeigende Queckfilberfkala (wenn fie unmittelbar neben dem Behälter angeordnet ift) nur eine Länge von

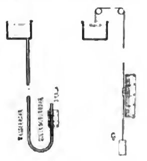


Fig. 488. Fig. 489.

$\frac{6}{13{,}6} = 0{,}44$ m haben müffen und fich überall leicht anbringen laffen. Ift der Wafferbehälter im Gebäude felbft gelegen und find die Schwankungen im Wafferbehälter gering, fo kann der Wafferftand noch einfacher durch unmittelbare Uebertragung angezeigt werden (Fig. 489). Ein im Wafferbehälter befindlicher Schwimmer überträgt ihn mittels einer Schnur, an welcher fich ein Gegengewicht *G* befindet, durch Auf- und Abziehen eines Zeigers unmittelbar auf die Skala.

Die Wafferftände fehr entfernt liegender Wafferbehälter werden manchmal auch elektrifch übertragen. Dabei wird entweder in gewiffen Zeiträumen ein Kontakt hergeftellt, welcher fich am Beobachtungsorte zu erkennen gibt, oder aber der Kontakt erfolgt, wenn fich der Wafferftand um eine beftimmte Gröfse — 10 bis 30 cm — gefenkt hat. In der Regel ift fodann mit der Kontaktvorrichtung eine Regiftriervorrichtung, welche die Veränderungen des Wafferftandes felbfttätig aufzeichnet, verbunden.

Das Uebertragen durch ein einfaches Bleirohr oder Eifenrohr, deffen Inhalt auf eine Queckfilberfäule wirkt, ift dem elektrifchen Wafferftandszeiger ftets vorzuziehen; diefe Einrichtung erfordert keine Unterhaltung und arbeitet ficher, während erfahrungsgemäfs die elektrifchen Wafferftandszeiger ziemlich unficher arbeiten und gröfsere Unterhaltungskoften verurfachen. Es empfiehlt fich überdies, bei Einrichtung eines elektrifchen Wafferftandszeigers feitens des Fabrikanten die bündigften Garantien für eine mehrjährige Brauchbarkeit der Anlage zu verlangen.

485. Schlufswort.

Zum Schluffe wollen wir noch einige allgemeine Bemerkungen über Einzelbeftandteile der Wafferverforgungen beifügen. Man fehe vor allem bei jeder Konftruktion auf gröfste Einfachheit; denn nur folche Konftruktionen find dauerhaft im Betriebe. Alle Schlufsflächen und Gleitflächen der Schieber, alle Schraubenmuttern, welche häufig gelöft werden müffen, alle Gewindefpindeln, überhaupt alle Teile, bei welchen eine Aenderung ihrer Oberflächenbefchaffenheit Nachteile bringen würde, find aus Bronze oder Meffing anzufertigen, weil Gufseifen und noch viel mehr Schmiedeeifen durch kein Mittel auf die Dauer vor Oxydation gefchützt zu werden vermögen. Bei den Ventilabfchlüffen, welche nicht in Metall hergeftellt find, follten als Abdichtungsmaterial Lederfcheiben ftets den Gummifcheiben vorgezogen werden, weil die letzteren meift von geringer Haltbarkeit find. Alle Einzelftücke, unbedingt aber die ganze Hauswafferleitung, follten nach Fertigftellung einer Prüfung mit der hydraulifchen Preffe unterzogen werden, welche mindeftens dem doppelten normalen Betriebsdrucke gleich ift. Endlich follten in jedem Haufe, welches mehrere Ausläufe gleichen Syftems hat, Erfatzftücke vorrätig gehalten werden.

19. Kapitel.

Warmwafferleitungen.

486. Allgemeines.

In den drei vorhergehenden Kapiteln wurden (ohne dafs dies befonders bemerkt zu werden brauchte) nur diejenigen Anlagen berückfichtigt, welche zur Verforgung der Gebäude mit kaltem Waffer dienen. Die Bequemlichkeit und Annehmlichkeit einer ausreichenden Wafferverforgung läfst fich indes durch die Anlage von Warmwafferleitungen noch erhöhen, d. h. durch Leitungen, denen unmittelbar warmes Waffer zu den verfchiedenften Zwecken entnommen werden kann. Ift die Anlage

einer Warmwafferleitung in Wohnhäufern als eine Annehmlichkeit zu betrachten, fo wird fie in einzelnen Fällen, hauptfachlich in Gebäuden, welche gemeinfamen öffentlichen Zwecken dienen, z. B. Gafthöfen, Krankenhäufern, Kafernen, Schlachthallen u. f. w., zur Notwendigkeit, ganz abgefehen von den Warmwafferleitungen in Badeanftalten, welche eine Befonderheit bilden und von denen bei der Befchreibung diefer Gebäude (in Teil IV, Halbband 5, Heft 3 diefes »Handbuches«) noch gefprochen werden wird.

In Wohnhäufern bietet eine Warmwafferleitung den Hausbewohnern die Annehmlichkeit, warmes Waffer zu Wafch-, Bade-, Spül-, Reinigungs- und ähnlichen Zwecken fchnell zur Hand zu haben, einesteils um die Mühe des Herbeiholens aus der entfernt, oft in einem anderen Gefchofs liegenden Küche zu erfparen, anderenteils aber auch, um auf ein etwa erforderliches Erwärmen des Waffers nicht erft längere Zeit warten zu müffen. Je nach dem beabfichtigten Zwecke wird man das warme Waffer in der Regel nach folgenden Stellen führen können:

1) entweder nach einem einfachen Auslaufhahn, mit Hilfe deffen man das warme Waffer zu jedem beliebigen Zwecke entnehmen kann, oder

2) nach einer Wafchtifcheinrichtung, welche dann neben dem Ventil für kaltes Waffer ein zweites Ventil für warmes Waffer befitzt, oder

3) nach einer mit den Wohnräumen verbundenen Badeeinrichtung, in welche die Warmwafferleitung an derfelben Stelle einmündet, wo man fonft das Zuleitungsrohr vom Badeofen einführt. (Vergl. den nächften Band [3. Aufl.: Heft 1] diefes »Handbuches«.)

Die Verwendung des warmen Waffers zu Küchen- und Spülzwecken, in Wafchküchen u. f. w. läfst fich faft immer auf feine Entnahme aus einer einfachen Zapfftelle zurückführen.

Die Anlage einer Warmwafferleitung wird fich auf folche Wohnhäufer befchränken, die nur von einer oder von zwei Familien bewohnt werden, z. B. Villen, kleine Miethäufer und herrfchaftliche Wohnhäufer. Für mehrgefchoffige Miethäufer, in denen jedes Stockwerk bis unter das Dach hinauf von mehreren Familien bewohnt wird, dürfte eine dem ganzen Gebäude dienende gemeinfchaftliche Anlage nur in feltenen Fällen zur Ausführung kommen, da bei der grofsen Anzahl von Bewohnern der Wafferverbrauch fich fehr fteigert und die Anlage, vor allem aber die Unterhaltung der Einrichtung bedeutende Unkoften und mancherlei Schwierigkeiten verurfachen würden. Das Bedürfnis nach warmem Waffer wird in folchen Häufern meiftens nur durch die jeder Wohnung angehörige Kocheinrichtung befriedigt; in beffer ausgeftatteten Wohnungen werden bisweilen mit den Kochherden befondere Einrichtungen zur Erzeugung und Fortleitung warmen Waffers (nach der Spül-, Badeeinrichtung u. f. w.) verbunden.

Dient hingegen ein Gebäude einem einzigen gemeinfamen Zwecke, wie dies bei grofsen Gafthöfen, Krankenhäufern, Schlachthallen, Pflege- und Verforgungsanftalten, Kafernen, Entbindungsanftalten u. f. w. der Fall ift, fo ift die Anlage einer Warmwafferleitung im Intereffe der Zwecke, welche die Tätigkeit innerhalb eines derartigen Gebäudes verfolgt, Bedürfnis. Ueberall dort, wo warmes Waffer zu jeder Zeit und in reichlichem Mafse vorhanden fein mufs und wo es gilt, Zeit, Mühe und Arbeitskräfte zu fparen, wird eine Warmwafferleitung zur unbedingten Notwendigkeit.

487. Erwärmen des Waffers.

Bei der Wahl des Mittels zur Erzeugung des warmen Waffers wird man vor allem danach trachten, die Koften des Erwärmens tunlichft herabzumindern, und deshalb darauf bedacht fein, eine bereits vorhandene Wärmequelle mitzubenutzen oder Abgänge einer folchen auf geeignete Weife nutzbar zu machen.

Zur Erzeugung des warmen Waffers werden daher, wenn Gelegenheit dazu vorhanden ift, benutzt:

1) die vorhandenen Koch- oder Heizeinrichtungen,

2) der unmittelbare Dampf eines für andere Zwecke errichteten Dampferzeugers oder

3) der abgehende Dampf einer vorhandenen motorifchen Anlage.

Ift keine der vorgenannten Wärmequellen verfügbar oder ift die vorhandene für den gewünfchten Zweck nicht ausreichend, fo macht fich

4) die Errichtung von befonderen Wafferwärmeinrichtungen notwendig.

Unter Umftänden können auch

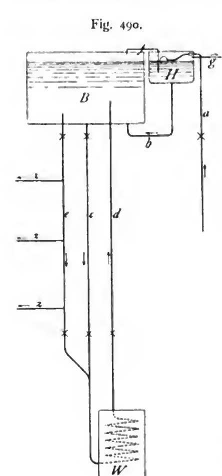
5) Warmwafferleitungen, welche für Heizungszwecke angelegt find, zur Wafferentnahme benutzt werden.

Mit diefen allgemeinen Andeutungen mufs es an diefer Stelle genügen. In Heft 1 des nächften Bandes (3. Aufl.: Abt. IV, Abfchn. 5, Kap. 2, c: Einrichtungen zum Erwärmen von Waffer) diefes »Handbuches« werden die hier in Frage kommenden Einrichtungen eingehend befprochen werden, fo dafs auf jene Stelle hingewiefen werden mufs.

488. Verteilungsleitung.

Die vom Warmwafferbehälter nach den Verbrauchsftellen führende Verteilungsleitung befteht in der Regel aus dem lotrecht abfallenden Fallftrang (*e* in Fig. 490), von welchem die nach den Verbrauchsftellen führenden, wagrechten oder doch nur wenig geneigten Zweigrohre (*z* in Fig. 490) abgehen. Ift eine Verteilungsleitung weit verzweigt, fo kühlt das warme Waffer darin rafch ab, und es kann leicht der Fall eintreten, dafs man an den Verbrauchsftellen zunächft kaltes Waffer abzapft; erft wenn man eine ziemlich grofse Menge kälteren Waffers unbenutzt abfliefsen lafst, kommt warmes Waffer zum Vorfchein; ja es kann bei darauffolgendem ftärkerem Wafferverbrauche vorkommen, dafs im Warmwafferbehälter das Waffer gar nicht zur richtigen Erwärmung kommt. Um diefen Mifsftanden zu begegnen, fchliefst man nach Fig. 490 das untere Ende des Fallftranges *e* an das Fallrohr *c* der Kreislaufleitung an und erzeugt auf diefe Weife in der Verteilungsleitung felbft einen Kreislauf des Waffers (auch »zweiter Kreislauf« genannt). Das die letztere durchfliefsende Waffer, welches darin abgekühlt wird, geht in den Wafferwärmer *W* zurück, wird in diefem wieder erwärmt und fteigt in den Warmwafferbehälter *B* empor; an den Verbrauchsftellen ift alsdann ftets warmes Waffer vorhanden. Bei gröfseren Anlagen kann man die Verteilungsleitung mit der Kreislaufleitung mehrere Male verbinden.

Fig. 490.



Die erwähnten Störungen im Kreislauf des Waffers treten bei feiner mittelbaren Erwärmung befonders leicht auf, weshalb bei derartigen Anlagen der »zweite Kreislauf« niemals fehlen darf. Im allgemeinen wird er in ähnlicher Weife, wie eben vorgeführt, angeordnet

und eingeleitet; Einzelheiten hierüber find in dem untengenannten Auffatze[368]) zu finden.

Die nach einzelnen Zapfftellen, nach Wafch- und Spüleinrichtungen führenden Rohre erhalten in der Regel 13 mm, folche nach Badeeinrichtungen 25 mm und diejenigen nach Wafchküchen 20 bis 25 mm lichte Weite. Für die Berechnung der Zuleitungen gibt der untenangeführte Auffatz[369]) geeignete Anhaltspunkte.

Für die Verteilungsleitungen kommen meift fchmiedeeiferne Rohre zur Anwendung; die Verbindungen, Dichtungen, Abzweigungen, Kompenfationsvorrichtungen u. f. w. find die gleichen wie bei der Wafferheizung. Bleirohre kommen für Warmwafferleitungen feltener zur Anwendung und dann nur für den Fallftrang und für kurze Abzweige nach Zapfftellen; man gebe in folchen Fällen den Rohren eine möglichft grofse Wandftärke, da die wechfelnde Temperatur des Waffers, welche bis auf 60 bis 75 Grad fteigt, zu fchwache Rohre bleibend ausdehnt und fortgefetzt erweitert, bis fchliefslich ein Bruch erfolgt. Man bringt daher für kleine Zweigleitungen mit Vorteil auch Kupferrohre zur Anwendung. Die letzteren empfehlen fich in Rückficht auf den Roft überhaupt mehr als eiferne Rohre; doch ift ihr hoher Preis der allgemeineren Anwendung hinderlich.

Die Rohrleitungen für warmes Waffer wird man in der gleichen Weife im Gebäude führen, wie dies mit Kaltwafferleitungen gefchieht. Man legt fie am beften in eine Ausnifchung der Wand oder an die Wand und verfieht fie mit einer Holzverkleidung. Selbftverftändlich wird man Fall- und Steigleitungen unmittelbar nebeneinander legen, während man die Kaltwafferleitung an einer anderen geeigneten Stelle im Gebäude hochführt. Im übrigen gilt das in Kap. 11 (unter b) für Wafferheizungsrohre Gefagte.

Eine Warmwafferleitung darf auch durch kalte Räume gelegt werden, vorausgefetzt, dafs fie den Winter über unausgefetzt im Gange bleibt. Wird hingegen zeitweilig der Betrieb unterbrochen und ift daher im Winter das Einfrieren der Leitung zu befürchten, fo ift es notwendig, die Leitung während der Zeit der Nichtbenutzung zu entleeren.

489.
Ventile.

Als Abfperrventile der Leitungen, von denen mindeftens je eines in das Fall- und Steigrohr einzufchalten ift und welche am beften in die unmittelbare Nähe des Warmwafferbehälters zu legen find, wendet man Metallventile mit kegelförmigen Ventilflächen nach Art der Konftruktion von Dampfventilen an. Die in Art. 458 (S. 436) erwähnten Nachteile der Hähne machen fie zwar, wie bereits in Art. 475 (S. 460) gefagt wurde, für Kaltwafferleitungen wenig empfehlenswert; für Warmwafferleitungen bilden fie indes das zweckmäfsigfte Abfchlufsmittel.

Als Zapfhähne empfehlen fich die einfachen Gummi Niederfchraubventile (vergl. Art. 479, S. 469); jedoch ift darauf zu achten, dafs zu den Gummiplatten beftes und gut vulkanifiertes Material verwendet wird. Bei Wafchtifch-, Badeeinrichtungen u. f. w., welche zwei Ventile, und zwar für kaltes und warmes Waffer, befitzen, verfieht man die Zapfhähne mit den deutlichen Bezeichnungen »*Kalt*« und »*Warm*«.

490.
Wafferverforgung einer Villa

Schliefslich feien noch zur Veranfchaulichung des im vorliegenden Kapitel Gefagten die von Ingenieur *Stumpf* in Berlin konftruierten Anlagen zur Verforgung einer Villa mit kaltem und warmem Waffer befchrieben[370]).

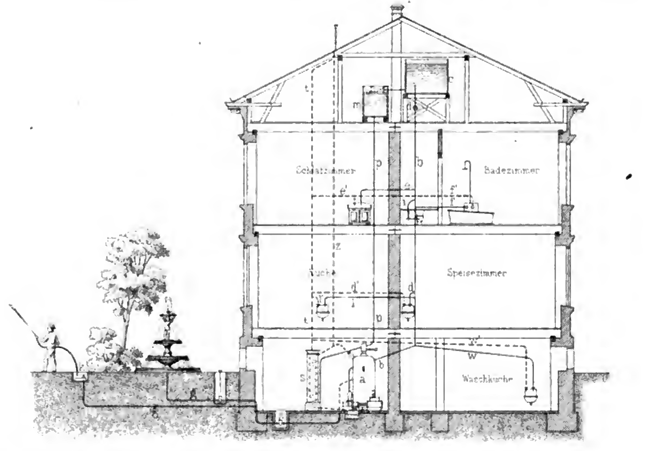
[368]) Ringler, E. Die indirekte Erwärmung von Waffer und die zweite Zirkulation bei Warmwafferleitungen. Gefundh.-Ing. 1889, S. 361.

[369]) Hottinger, M. Zentrale Fern-Warmwafferverforgung. Gefundh. Ing. 1907, S. 293.

[370]) Nach: Deutfche Bauz. 1870, S. 311.

Zu S. 485

VERSORGUNG EINER VILLA MIT KALTEM UND WARMEM WASSER.



Aus: Deutsche Bauz. 1870, S. 311.

α) Kaltwafferleitung. Auf nebenftehender Tafel ift ein Schnitt durch die Wirtfchaftsräume diefer zweigefchoffigen Villa dargeftellt. Im Kellergefchofs ift neben der Wafchküche ein kleiner, wenig Brennftoff erfordernder Dampfkeffel *a* aufgeftellt, welcher die unmittelbar daneben gelegene, doppeltwirkende Dampfpumpe einfacher Konftruktion treibt. Letztere faugt das Waffer aus einem in der Nähe befindlichen Brunnenfchachte und führt es durch das Druckrohr *b* unmittelbar nach dem im Dachgefchofs aufgeftellten Kaltwafferbehälter *c*. Dadurch, dafs die Pumpe doppeltwirkend ift, ift es möglich, dafs diefes Druckrohr gleichzeitig Hauptverteilungsrohr der Kaltwafferleitung ift. Daran fchliefsen fich unmittelbar die Zweigleitungen *w* nach der Wafchküche (im Kellergefchofs), ferner *l* nach der Küche und *d* nach dem Speifezimmer (im Erdgefchofs), endlich *e* nach der im Schlafzimmer aufgeftellten Wafchtifcheinrichtung, *i* nach dem Spülabort und *f* nach dem Badezimmer (im Obergefchofs). Die Zweigleitungen *g*, dicht über der Pumpe, welche durch den Hahn *n* ganz abfperrbar find, bezw. im Winter fich entleeren laffen, verforgen im Garten den Springbrunnen *h* und Sprenghähne *k* (vergl. Art. 479, S. 470), welche einzeln aufser Tätigkeit gefetzt werden können.

Wenn im Garten Waffer gebraucht wird, arbeitet die Dampfpumpe unausgefetzt. Sonft genügt es, den Behälter *c* immer gefüllt zu halten; behufs fteter Kontrolle hierüber wird durch eine an einem Schwimmer befeftigte Kette der Wafferftand des Behälters im Kellergefchofs neben dem Dampfkeffel *a* angezeigt. Ein Anzeigerohr, welches nach unten geführt ift, gibt aufserdem dadurch, dafs es Waffer zu fpeien beginnt, den Zeitpunkt an, fobald der Behälter ganz gefüllt ift.

Die ganze Leitung wird, im Falle eine Ausbefferung notwendig ift, durch den Haupthahn *d* abgefperrt.

β) Warmwafferleitung. Diefe ift wie folgt angelegt. Der Kaltwafferbehälter *c* fpeift mittels eines Schwimmkugelhahnes *r* den kleineren und etwas tiefer ftehenden Warmwafferbehälter *m*. Von diefem führt ein Rohrftrang *p* nach der im Kellergefchofs neben Keffel und Dampfpumpe ftehenden Wärmeinrichtung *s*, in deren unteren Boden er einmündet. Diefe Wärmeinrichtung ift gänzlich mit Waffer gefüllt; das Steigrohr *t* führt aus der Wärmeinrichtung bis in das Dachgefchofs. Im Wafferwärmer, alfo vom Waffer umfpült, liegt eine Rohrfchlange, welche am unteren Ende entweder den von der Pumpe abgehenden Dampf oder auch, wenn diefe fteht, frifchen Keffeldampf (aus *a*) empfängt und deren Fortfetzung am anderen Ende das Dampfableitungsrohr *z* bildet, das über das Dach geführt ift und in welches oben das Steigrohr *t* mündet. Von letzterer zweigen die kurzen Rohrftränge *w'* nach der Wafchküche, *l'* nach der Küche, *d'* nach dem Speifezimmer und *e'*, *f'* nach der Wafchtifcheinrichtung des Schlafzimmers und nach dem Badezimmer ab.

Die Wirkungsweife diefer Einrichtungen ift folgende. Sobald der Dampf in der Rohrfchlange kreift, erwärmt fich das Waffer (welches felbftredend im Rohre *t* ebenfo hoch fteht wie der Wafferfpiegel im Behälter *m*) im Wafferwärmer *s*, und die warmen Wafferteilchen fteigen im Rohre empor. Somit kann man aus allen mit *t*, zufammenhängenden Zweigleitungen warmes Waffer erhalten, entfprechend dem Faffungsraume der Wärmeinrichtung felbft noch eine geraume Zeit, nachdem der Dampf aufgehört hat, durch die Schlange zu kreifen. In dem Mafse, als an den einzelnen Zapfftellen warmes Waffer verbraucht wird, finkt kaltes aus dem Behälter *m* nach unten in den Wafferwärmer. Der Wafferfpiegel in *m* wird, wie bereits angedeutet, durch einen Schwimmkugelhahn *r* ftets auf einer beftimmten Höhe erhalten.

Das Steigrohr *t* follte mit Vorteil in den Behälter *m* einmünden, damit ein Kreislauf des Waffers ftattfinden und feine zu ftarke Erhitzung bis zur Siedetemperatur nach längerem Stillftehen nicht eintreten kann.

Das in der Rohrfchlange und im Abdampfrohr fich bildende Kondenfationswaffer wird nach einem kleinen Behälter geleitet, in dem die Keffelfpeifepumpe *v* fteht, die übrigens auch aus dem Brunnen faugen kann, falls Kondenfationswaffer nicht vorhanden ift. Ebenfo befteht die Einrichtung, dafs der Keffel auch durch die Dampfpumpe, wenn diefe im Gange ift, gefpeift wird.

Literatur

über »Warmwafferleitungen«.

SCHMIDT, E. H. Die Anlage von Kalt- und Warmwafferleitungen in Wohngebäuden. ROMBERG's Zeitfchr. f. pract. Baukunft 1863, S. 47.

EASSIE, W. *The fyftems of heating water in bafements of houfes for fupply of hot water there, and alfo hot water for upftairs purpofes. Sanit. record,* Bd. 16, S. 293.

DYE, E. *Hot-water-fupply etc.* London 1887.

BEIELSTEIN, W. Die Inftallation der Warmwafferanlagen etc. Weimar 1889.

RINGLER, E. Die indirekte Erwärmung von Waffer und die zweite Zirkulation bei Warmwafferleitungen. Gefundh.-Ing. 1889, S. 361.

BEIELSTEIN, W. Eine Warmwafferanlage im kleinften Maafsftabe. Gefundh.-Ing. 1890, S. 716.

Hot-water fupply for baths, lavatories, and other domeftic and general purpofes. Builder, Bd. 59, S. 15, 32, 51, 71, 92.

Hot-water engineering. Building news, Bd. 60, S. 766.

SCHÄFER, F. Die Warmwaffer-Verforgung ganzer Häufer und einzelner Stockwerke durch felbfttätige Erhitzer mit Gasfeuerung. München u. Berlin 1906.

HOTTINGER, M. Zentrale Fern-Warmwafferverforgung. Gefundh.-Ing. 1907, S. 293, 362.

FUSSHAHN, P. Warmwafferverforgung mit Gasfeuerung. Gefundh.-Ing. 1907, S. 295.

DRITTER TEIL.

DIE HOCHBAUKONSTRUKTIONEN.

1. Band: **Konstruktionselemente** in Stein, Holz und Eisen. Von Geh. Regierungsrat Prof. G. BARKHAUSEN, Hannover, Geh. Regierungsrat Prof. Dr. F. HEINZERLING, Aachen und Geh. Baurat Prof. † E. MARX, Darmstadt. — **Fundamente.** Von Geh. Baurat Prof. Dr. E. SCHMITT, Darmstadt. Dritte Auflage. Preis: 15 Mark, in Halbfranz gebunden 18 Mark.

2. Band: **Raumbegrenzende Konstruktionen.**

Heft 1: **Wände und Wandöffnungen.** Von Geh. Baurat Prof. † E. MARX, Darmstadt. Zweite Auflage. Preis: 24 Mark, in Halbfranz gebunden 27 Mark.

Heft 2: **Einfriedigungen, Brüstungen und Geländer; Balkone, Altane und Erker.** Von Prof. † F. EWERBECK, Aachen und Geh. Baurat Prof. Dr. E. SCHMITT, Darmstadt. — **Gesimse.** Von Prof. † A. GÖLLER, Stuttgart. Zweite Auflage. Preis: 20 M., in Halbfranz geb. 23 M.

Heft 3, a: **Balkendecken.** Von Geh. Regierungsrat Prof. G. BARKHAUSEN, Hannover. Zweite Auflage. Preis: 15 Mark, in Halbfranz gebunden 18 Mark.

Heft 3, b: **Gewölbte Decken; verglaste Decken und Deckenlichter.** Von Geh. Hofrat Prof. C. KÖRNER, Braunschweig, Bau- und Betriebs-Inspektor A. SCHACHT, Celle und Geh. Baurat Prof. Dr. E. SCHMITT, Darmstadt. Zweite Aufl. Preis: 24 Mark, in Halbfranz gebunden 27 Mark.

Heft 4: **Dächer;** Dachformen. Von Geh. Baurat Prof. Dr. E. SCHMITT, Darmstadt. — Dachstuhlkonstruktionen. Von Geh. Baurat Prof. TH. LANDSBERG, Darmstadt. Zweite Auflage. Preis: 18 Mark, in Halbfranz gebunden 21 Mark.

Heft 5: **Dachdeckungen;** verglaste Dächer und Dachlichter; massive Steindächer, Nebenanlagen der Dächer. Von Geh. Baurat Prof. H. KOCH, Berlin, Geh. Baurat Prof. † E. MARX, Darmstadt und Geh. Oberbaurat L. SCHWERING, St. Johann a. d. Saar. Zweite Auflage. Preis: 26 Mark, in Halbfranz gebunden 29 Mark.

3. Band, Heft 1: **Fenster, Thüren** und andere bewegliche Wandverschlüsse. Von Geh. Baurat Prof. H. KOCH, Berlin. Zweite Auflage. Preis: 21 Mark, in Halbfranz gebunden 24 Mark.

Heft 2: **Anlagen zur Vermittelung des Verkehrs in den Gebäuden** (Treppen und innere Rampen; Aufzüge; Sprachrohre, Haus- und Zimmer-Telegraphen). Von Direktor † J. KRAMER, Frankenhausen, Kaiserl. Rat PH. MAYER, Wien, Baugewerkschullehrer O. SCHMIDT, Posen und Geh. Baurat Prof. Dr. E. SCHMITT, Darmstadt. Zweite Auflage. Preis: 14 Mark, in Halbfranz gebunden 17 Mark.

Heft 3: **Ausbildung der Fussboden-, Wand- und Deckenflächen.** Von Geh. Baurat Prof. H. KOCH, Berlin. Preis: 18 Mark, in Halbfranz gebunden 21 Mark.

4. Band: **Anlagen zur Versorgung der Gebäude mit Licht und Luft, Wärme und Wasser.** Versorgung der Gebäude mit Sonnenlicht und Sonnenwärme. Von Geh. Baurat Prof. Dr. E. SCHMITT, Darmstadt. — Künstliche Beleuchtung der Räume. Von Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. H. FISCHER, Hannover, Prof. Dr. F. FISCHER, Göttingen, Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. W. KOHLRAUSCH, Hannover und Geh. Baurat Prof. Dr. E. SCHMITT, Darmstadt. — Heizung und Lüftung der Räume. Von Geh. Reg.-Rat Prof. Dr. H. FISCHER, Hannover. — Wasserversorgung der Gebäude. Von Geh. Baurat Prof. Dr. E. SCHMITT, Darmstadt. Dritte Auflage. Preis: 24 Mark, in Halbfranz gebunden 27 Mark.

5. Band, Heft 1: **Einrichtungen für Koch- und Wärmzwecke, Warmwasserbereitung und Heizung vom Küchenherd aus.** Von Architekt F. R. VOGEL, Hannover. Dritte Auflage. Preis: 12 Mark, in Halbfranz gebunden 15 Mark.

Heft 2: **Entwässerung und Reinigung der Gebäude.** Einrichtungen hierzu. Einrichtungen zum Reinigen der Geräte, der Haushaltungen und der Wäsche, sowie des menschlichen Körpers. Aborte und Pissoire. Fortschaffung der menschlichen Ausscheidungen und der trockenen Auswurfstoffe der Haushaltungen aus den Gebäuden. Von Architekt F. R. VOGEL, Hannover und Geh. Baurat Prof. Dr. E. SCHMITT, Darmstadt. Dritte Auflage. Preis: 32 Mark, in Halbfranz gebunden 35 Mark.

6. Band: **Sicherungen gegen Einbruch.** Von Geh. Baurat Prof. † E. MARX, Darmstadt und Geh. Baurat Prof. H. KOCH, Berlin. — **Anlagen zur Erzielung einer guten Akustik.** Von Stadtbaurat A. STURMHOEFEL, Berlin. — **Glockenstühle.** Von Geh. Rat Dr. C. KÖPCKE, Dresden. — **Sicherungen gegen Feuer, Blitzschlag, Bodensenkungen und Erderschütterungen; Stützmauern.** Von Baurat E. SPILLNER, Essen. — **Terrassen und Perrons, Freitreppen und äussere Rampen.** Von Prof. † F. EWERBECK, Aachen. — **Vordächer.** Von Geh. Baurat Prof. Dr. E. SCHMITT, Darmstadt. — **Eisbehälter und Kühlanlagen mit künstlicher Kälteerzeugung.** Von Oberingenieur E. BRÜCKNER, Moskau und Baurat E. SPILLNER, Essen. Dritte Auflage. Preis: 14 Mark, in Halbfranz gebunden 17 Mark.

Zu beziehen durch die meisten Buchhandlungen.

VIERTER TEIL.

ENTWERFEN, ANLAGE UND EINRICHTUNG DER GEBÄUDE.

1. Halbband: **Architektonische Komposition.** Allgemeine Grundzüge. Von Geh. Baurat Prof. † Dr. H. WAGNER, Darmstadt. — Proportionen in der Architektur. Von Prof. A. THIERSCH, München. — Anlage des Gebäudes. Von Geh. Baurat Prof. † Dr. H. WAGNER, Darmstadt. — Gestaltung der äusseren und inneren Architektur. Von Prof. J. BÜHLMANN, München. — Vorräume, Treppen-, Hof- und Saal-Anlagen. Von Geh. Baurat Prof. † Dr. H. WAGNER, Darmstadt und Stadtbaurat A. STURMHOEFEL, Berlin. Dritte Auflage.
Preis: 18 Mark, in Halbfranz gebunden 21 Mark.

2. Halbband: **Gebäude für die Zwecke des Wohnens, des Handels und Verkehrs.**

Heft 1: **Wohnhäuser.** Von Geh. Hofrat Prof. † C. WEISSBACH, Dresden.
Preis: 21 Mark, in Halbfranz gebunden 24 Mark.

Heft 2: **Gebäude für Geschäfts- und Handelszwecke** (Geschäfts-, Kauf- und Warenhäuser, Gebäude für Banken und andere Geldinstitute, Passagen oder Galerien, Börsengebäude). Von Prof. † Dr. H. AUER, Bern, Architekt P. KICK, Berlin, Prof. K. ZAAR, Berlin und Docent A. L. ZAAR, Berlin. Preis: 16 Mark, in Halbfranz gebunden 19 Mark.

Heft 3: **Gebäude für den Post-, Telegraphen- und Fernsprechdienst.** Von Geh. Baurat R. NEUMANN, Erfurt. Zweite Auflage. Preis: 10 Mark, in Halbfranz gebunden 13 Mark.

Heft 4: **Eisenbahnhochbauten.** Von Geh. Baurat A. RÜDELL, Berlin. In Vorbereitung.

3. Halbband: **Gebäude für die Zwecke der Landwirtschaft und der Lebensmittel-Versorgung.**

Heft 1: **Landwirtschaftliche Gebäude und verwandte Anlagen.** Von Prof. A. SCHUBERT, Kassel und Geh. Baurat Prof. Dr. E. SCHMITT, Darmstadt. Zweite Auflage.
Preis: 12 Mark, in Halbfranz gebunden 15 Mark.

Heft 2: **Gebäude für Lebensmittel-Versorgung.** (Schlachthöfe und Viehmärkte, Märkte für Lebensmittel; Märkte für Getreide; Märkte für Pferde und Hornvieh). Von Stadtbaurat † G. OSTHOFF, Berlin und Geh. Baurat Prof. Dr. E. SCHMITT, Darmstadt. Zweite Auflage. Preis: In Halbfranz gebunden 19 Mark.

4. Halbband: **Gebäude für Erholungs-, Beherbergungs- und Vereinszwecke.**

Heft 1: **Schankstätten und Speisewirtschaften, Kaffeehäuser und Restaurants.** Von Geh. Baurat Prof. † Dr. H. WAGNER, Darmstadt und Geh. Baurat Prof. H. KOCH, Berlin. — **Volksküchen und Speiseanstalten für Arbeiter; Volkskaffeehäuser.** Von Geh. Baurat Prof. Dr. E. SCHMITT, Darmstadt. — **Oeffentliche Vergnügungsstätten.** Von Geh. Baurat Prof. † Dr. H. WAGNER, Darmstadt und Geh. Baurat Prof. H. KOCH, Berlin. — **Festhallen.** Von Geh.-Rat Prof. Dr. J. DURM, Karlsruhe. — **Gasthöfe höheren Ranges.** Von Geh. Baurat H. v. D. HUDE, Berlin. — **Gasthöfe niederen Ranges, Schlaf- und Herbergshäuser.** Von Geh. Baurat Prof. Dr. E. SCHMITT, Darmstadt. Dritte Auflage.
Preis: 18 Mark, in Halbfranz gebunden 21 Mark.

Heft 2: **Baulichkeiten für Kur- und Badeorte.** Von Architekt † J. MYLIUS, Frankfurt a. M. und Geh. Baurat Prof. † Dr. H. WAGNER, Darmstadt. **Gebäude für Gesellschaften und Vereine.** Von Geh. Baurat Prof. Dr. E. SCHMITT und Geh. Baurat Prof. † Dr. H. WAGNER, Darmstadt. — **Baulichkeiten für den Sport. Sonstige Baulichkeiten für Vergnügen und Erholung.** Von Geh.-Rat Prof. Dr. J. DURM, Karlsruhe, Architekt † J. LIEBLEIN, Frankfurt a. M., Oberbaurat Prof. R. v. REINHARDT, Stuttgart und Geh. Baurat Prof. † Dr. H. WAGNER, Darmstadt. Dritte Auflage. Preis: 15 Mark, in Halbfranz gebunden 18 Mark.

5. Halbband: **Gebäude für Heil- und sonstige Wohlfahrts-Anstalten.**

Heft 1: **Krankenhäuser.** Von Prof. F. O. KUHN, Berlin. Zweite Auflage.
Preis: 32 Mark, in Halbfranz gebunden 35 Mark.

Heft 2: **Verschiedene Heil- und Pflegeanstalten.** (Irrenanstalten, Entbindungsanstalten, Heimstätten für Wöchnerinnen und für Schwangere, Sanatorien, Lungenheilstätten, Heimstätten für Genesende); **Versorgungs-, Pflege- und Zufluchtshäuser.** Von Geh. Baurat G. BEHNKE, Frankfurt a. M., Prof. K. HENRICI, Aachen, Architekt F. SANDER, Frankfurt a. M., Geh. Baurat W. VOIGES, Wiesbaden, Baurat H. WAGNER, Darmstadt, Geh. Oberbaurat V. v. WELTZIEN, Darmstadt und Stadtbaurat Dr. K. WOLFF, Hannover. Zweite Auflage. Preis: 15 Mark, in Halbfranz gebunden 18 Mark.

Heft 3: **Bade- und Schwimm-Anstalten.** Von Geh. Hofbaurat Prof. F. GENZMER, Berlin.
Preis: In Halbfranz gebunden 18 Mark.

Heft 4: **Wasch- und Desinfektions-Anstalten.** Von Geh. Hofbaurat Prof. F. GENZMER, Berlin.
Preis: 9 Mark, in Halbfranz gebunden 12 Mark.

Jeder Band, bezw. jedes Heft bildet ein Ganzes für sich und ist einzeln käuflich.

6. Halbband: **Gebäude für Erziehung, Wissenschaft und Kunst.**

Heft 1: **Niedere und höhere Schulen** (Schulbauwesen im allgemeinen; Volksschulen und andere niedere Schulen; niedere techn. Lehranstalten u. gewerbl. Fachschulen; Gymnasien und Reallehranstalten, mittlere techn. Lehranstalten, höhere Mädchenschulen, sonstige höhere Lehranstalten; Pensionate u. Alumnate, Lehrer- u. Lehrerinnenseminare, Turnanstalten). Von Geh. Baurat G. Behnke, Frankfurt a. M., Prof. K. Hintrager, Gries, Oberbaurat Prof. † H. Lang, Karlsruhe, Architekt † O. Lindheimer, Frankfurt a. M., Geh. Bauräten Prof. Dr. E. Schmitt und † Dr. H. Wagner, Darmstadt. Zweite Auflage. Preis: 18 Mark, in Halbfranz gebunden 21 Mark.

Heft 2, a: **Hochschulen** I. (Universitäten und Technische Hochschulen; Naturwissenschaftliche Institute). Von Geh. Oberbaurat H. Eggert, Berlin, Baurat C. Junk, Berlin, Geh. Hofrat Prof. C. Körner, Braunschweig und Geh. Baurat Prof. Dr. E. Schmitt, Darmstadt. Zweite Auflage. Preis: 24 Mark, in Halbfranz gebunden 27 Mark.

Heft 2, b: **Hochschulen** II. (Universitäts-Kliniken, Technische Laboratorien; Sternwarten und andere Observatorien). Von Landbauinspektor P. Müssigbrodt, Berlin, Oberbaudirektor † Dr. P. Spieker, Berlin und Geh. Regierungsrat L. v. Tiedemann, Potsdam Zweite Auflage. Preis: 18 Mark, in Halbfranz gebunden 21 Mark.

Heft 3: **Künstler-Ateliers, Kunstakademien und Kunstgewerbeschulen; Konzerthäuser und Saalbauten.** Von Reg.-Baumeister C. Schaupert, Nürnberg, Geh. Baurat Prof. Dr. E. Schmitt, Darmstadt und Prof. C. Walther, Nürnberg. Preis: 15 Mark, in Halbfranz gebunden 18 Mark

Heft 4: **Gebäude für Sammlungen und Ausstellungen** (Archive; Bibliotheken; Museen; Pflanzenhäuser; Aquarien; Ausstellungsbauten). Von Baurat F. Jaffé, Berlin, Baurat A. Kortüm, Halle, Architekt † O. Lindheimer, Frankfurt a. M., Baurat R. Opfermann, Mainz, Geh. Baurat Prof. Dr. E. Schmitt und Baurat H. Wagner, Darmstadt. Zweite Auflage. Preis: 32 Mark, in Halbfranz gebunden 35 Mark.

Heft 5: **Theater.** Von Baurat M. Semper, Hamburg. Preis: 27 Mark, in Halbfranz gebunden 30 Mark.

Heft 6: **Zirkus- und Hippodromgebäude.** Von Geh. Baurat Prof. Dr. E. Schmitt, Darmstadt. Preis: 6 Mark, in Halbfranz gebunden 9 Mark.

7. Halbband: **Gebäude für Verwaltung, Rechtspflege und Gesetzgebung; Militärbauten.**

Heft 1: **Gebäude für Verwaltung und Rechtspflege** (Stadt- und Rathäuser; Gebäude für Ministerien, Botschaften und Gesandtschaften; Geschäftshäuser für Provinz- und Kreisbehörden; Geschäftshäuser für sonstige öffentliche und private Verwaltungen; Leichenschauhäuser; Gerichtshäuser; Straf- und Besserungsanstalten). Von Prof. F. Bluntschli, Zürich, Baurat A. Kortüm, Halle, Prof. G. Lasius, Zürich, Stadtbaurat † G. Osthoff, Berlin, Geh. Baurat Prof. Dr. E. Schmitt, Darmstadt, Baurat F. Schwechten, Berlin, Geh. Baurat Prof. † Dr. H. Wagner, Darmstadt und Baudirektor † Th. v. Landauer, Stuttgart. Zweite Auflage. Preis: 27 Mark, in Halbfranz gebunden 30 Mark.

Heft 2: **Parlaments- und Ständehäuser; Gebäude für militärische Zwecke.** Von Geh. Baurat Prof. Dr. P. Wallot, Dresden, Geh. Baurat Prof. † Dr H. Wagner, Darmstadt und Oberstleutnant F. Richter, Dresden. Zweite Auflage. Preis: 12 Mark, in Halbfranz gebunden 15 Mark.

8. Halbband: **Kirchen, Denkmäler und Bestattungsanlagen.**

Heft 1: **Kirchen.** Von Geh. Hofrat Prof. Dr. C. Gurlitt, Dresden. Preis: 32 Mark, in Halbfranz gebunden 35 Mark.

Heft 2, a: **Denkmäler I.** (Geschichte des Denkmales.) Von Architekt A. Hofmann, Berlin. Preis: 15 Mark, in Halbfranz gebunden 18 Mark.

Heft 2, b: **Denkmäler II.** (Architektonische Denkmäler.) Von Architekt A. Hofmann, Berlin. Preis: 24 Mark, in Halbfranz gebunden 27 Mark.

Heft 2, c: **Denkmäler III.** (Brunnen-Denkmäler. Figürliche Denkmäler. Einzelfragen der Denkmalkunst.) Von Architekt A. Hofmann, Berlin. In Vorbereitung.

Heft 3: **Bestattungsanlagen.** Von Dr. techn. S. Fayans, Wien. Preis: 18 Mark, in Halbfranz gebunden 21 Mark.

9. Halbband: **Der Städtebau.** Von Ober- und Geh. Baurat Dr. J. Stübben, Berlin. Zweite Auflage. Preis: 32 Mark, in Halbfranz gebunden 35 Mark.

10. Halbband: **Die Garten-Architektur.** Von Baurat A. Lambert und Architekt E. Stahl, Stuttgart. Preis: 8 Mark, in Halbfranz gebunden 11 Mark.

Das »Handbuch der Architektur« ist zu beziehen durch die meisten Buchhandlungen, welche auf Verlangen auch einzelne Bände zur Ansicht vorlegen. Die meisten Buchhandlungen liefern das »Handbuch der Architektur« auf Verlangen sofort vollständig, soweit erschienen, oder eine beliebige Auswahl von Bänden, Halbbänden und Heften auch gegen monatliche Teilzahlungen. Die Verlagshandlung ist auf Wunsch bereit, solche Handlungen nachzuweisen.

Leipzig, im November 1907. Alfred Kröner Verlag.

Handbuch der Architektur.

Unter Mitwirkung von Fachgenossen herausgegeben von
Dr. phil. u. Dr.-Ing. **Eduard Schmitt,**
Geheimer Baurat und Professor in Darmstadt.

Alphabetisches Sachregister.

	Teil	Band	Heft
Ableitung des Haus-, Dach- und Hofwassers	III	5	2
Aborte	III	5	2
Akademien der bildenden Künste	IV	6	3
Akademien der Wissenschaften	IV	4	2
Akustik. Anlagen zur Erzielung einer guten Akustik	III	6	
Altane	III	2	2
Altchristliche Baukunst	II	3	1
Altersversorgungsanstalten	IV	5	2
Alumnate	IV	6	1
Anlage der Gebäude	IV	1/8	
Antike Baukunst	II	1/2	
Aquarien	IV	6	4
Arbeiterwohnhäuser	IV	2	1
Arbeitshäuser	IV	5	2
"	IV	7	1
Architekturformen. Gestaltung nach malerischen Grundsätzen	I	2	
Archive	IV	6	4
Armen-Arbeitshäuser	IV	5	2
Armen-Versorgungshäuser	IV	5	2
Asphalt als Material des Ausbaues	I	1	1
Ateliers	IV	6	3
Aufzüge	III	3	2
Ausbau. Konstruktionen des inneren Ausbaues	III	3/6	
Materialien des Ausbaues	I	1	1
Aussichtstürme	IV	4	2
Aussteigeöffnungen der Dächer	III	2	5
Ausstellungsbauten	IV	6	4
Badeanstalten	IV	5	3
Badeeinrichtungen	III	5	2
Balkendecken	III	2	3,a
Balkone	III	2	2
Balustraden	IV	10	
Bankgebäude	IV	2	2
Bauernhäuser	IV	2	1
Bauernhöfe	IV	2	1
"	IV	3	1
Bauformenlehre	I	2	
Bauführung	I	5	
Bauleitung	I	5	
Baumaschinen	I	5	
Bausteine	I	1	1
Baustile. Historische und technische Entwickelung	II	1/7	

	Teil	Band	Heft
Baustoffe. Technik der wichtigeren Baustoffe	I	1	1
Bazare	IV	2	2
Beherbergung. Gebäude für Beherbergungszwecke	IV	4	
Behörden, Gebäude für	IV	7	1
Beleuchtung, künstliche, der Räume	III	4	
Beleuchtungsanlagen	IV	9	
Bellevuen und Belvedere	IV	4	2
Besserungsanstalten	IV	7	1
Bestattungsanlagen	IV	8	3
Beton als Konstruktionsmaterial	I	1	1
Bibliotheken	IV	6	4
Blei als Baustoff	I	1	1
Blindenanstalten	IV	5	2
Blitzableiter	III	6	
Börsen	IV	2	2
Botschaften. Gebäude f. Botschaften	IV	7	1
Brüstungen	III	2	2
Buchdruck und Zeitungswesen	IV	7	1
Büchermagazine	IV	6	4
Bürgerschulen	IV	6	1
Bürgersteige, Befestigung der	III	6	
Byzantinische Baukunst	II	3	1
Chemische Institute	IV	6	2
Concerthäuser	IV	6	3
Dächer	III	2	4
Massive Steindächer	III	2	5
Metalldächer	III	2	5
Nebenanlagen der Dächer	III	2	5
Schieferdächer	III	2	5
Verglaste Dächer	III	2	5
Ziegeldächer	III	2	5
Dachdeckungen	III	2	5
Dachfenster	III	2	5
Dachformen	III	2	4
Dachkämme	III	2	5
Dachlichter	III	2	5
"	III	3	1
Dachrinnen	III	2	2
Dachstühle. Statik der Dachstühle	I	1	2
Dachstuhlkonstruktionen	III	2	4
Decken	III	2	3
Deckenflächen, Ausbildung der	III	3	3
Deckenlichter	III	2	3,b
"	III	3	1
Denkmäler	IV	8	2

Jeder Band, bezw. jedes Heft bildet ein Ganzes für sich und ist einzeln käuflich.

	Teil	Band	Heft
Desinfektionsanstalten	IV	5	4
Desinfektionseinrichtungen	III	5	2
Einfriedigungen	III	2	2
„	IV	10	
Einrichtung der Gebäude	IV	1/8	
Eisbehälter	III	6	
Eisen und Stahl als Konstruktionsmaterial	I	1	1
Eisenbahnhochbauten	IV	2	4
Eisenbahn-Verwaltungsgebäude	IV	7	1
Eislaufbahnen	IV	4	2
Elasticitäts- und Festigkeitslehre	I	1	2
Elektrische Beleuchtung	III	4	
Elektrotechnische Laboratorien	IV	6	2,b
Entbindungsanstalten	IV	5	2
Entwässerung der Dachflächen	III	2	5
Entwässerung der Gebäude	III	5	2
Entwerfen der Gebäude	IV	1/8	
Entwürfe, Anfertigung der	I	5	
Erhellung der Räume mittels Sonnenlicht	III	3	1
Erholung. Gebäude für Erholungszwecke	IV	4	
Erker	III	2	2
Etrusker. Baukunst der Etrusker	II	2	
Exedren	IV	10	
Exerzierhäuser	IV	7	2
Fabrik- und Gewerbewesen	IV	7	1
Fahnenstangen	III	2	5
Fahrradbahnen	IV	4	2
Fahrstühle	III	3	2
Fäkalstoffe-Entfernung aus den Gebäuden	III	5	2
Fassadenbildung	IV	1	
Fenster	III	3	1
Fenster- und Thüröffnungen	III	2	1
Fernsprechdienst, Gebäude für	IV	2	3
Fernsprecheinrichtungen	III	3	2
Festhallen	IV	4	1
Festigkeitslehre	I	1	2
Findelhäuser	IV	5	2
Fluranlagen	IV	1	
Flussbau-Laboratorien	IV	6	2,b
Formenlehre des Ornaments	I	3	
Freimaurer-Logen	IV	4	2
Freitreppen	III	6	
„	IV	10	
Fundamente	III	1	
Fussböden	III	3	2
Galerien und Passagen	IV	2	2
Garten-Architektur	IV	10	
Gartenhäuser	IV	10	
Gasbeleuchtung	III	4	
Gasthöfe	IV	4	1
Gebäranstalten	IV	5	2
Gebäudebildung	IV	1	
Gebäudelehre	IV	1/8	
Gefängnisse	IV	7	1

	Teil	Band	Heft
Geflügelzüchtereien	IV	3	1
Gehöftanlagen, landwirtschaftliche	IV	3	1
Geländer	III	2	2
Gerichtshäuser	IV	7	1
Gerüste	I	5	
Gesandtschaftsgebäude	IV	7	1
Geschäftshäuser	IV	2	2
Geschichte der Baukunst	II		
Antike Baukunst	II	1/2	
Mittelalterliche Baukunst	II	3/4	
Baukunst der Renaissance	II	5/7	
Gesimse	III	2	2
Gestaltung der äusseren und inneren Architektur	IV	1	
Gestüte	IV	3	1
Getreidemagazine	IV	3	1
Gewächshäuser	IV	6	4
Gewerbeschulen	IV	6	1
Gewölbe. Statik der Gewölbe	I	1	2
Gewölbte Decken	III	2	3,b
Giebelspitzen der Dächer	III	2	5
Glas als Material des Ausbaues	I	1	1
Glockenstühle	III	6	
Gotische Baukunst	II	4	
Griechen. Baukunst der Griechen	II	1	
Gutshöfe	IV	3	1
Gymnasien	IV	6	1
Handel. Gebäude für die Zwecke des Handels	IV	2	2
Handelsschulen	IV	6	1,b
Heilanstalten	IV	5	1/2
Heizung der Räume	III	4	
Herbergshäuser	IV	4	1
Herrenſitze	IV	2	1
Hippodromgebäude	IV	6	6
Hochbaukonstruktionen	III	1/6	
Hochbaukunde, allgemeine	I	1/5	
Hochlicht	III	3	1
Hochschulen	IV	6	2
Hof-Anlagen	IV	1	
Hofflächen, Befestigung der	III	6	
Holz als Konstruktionsmaterial	I	1	1
Hospitäler	IV	5	1
Hotels	IV	4	1
Hydrotechnische Laboratorien	IV	6	2,b
Ingenieur-Laboratorien	IV	6	2,b
Innerer Ausbau	III	3/6	
Innungshäuser	IV	4	2
Institute, wissenschaftliche	IV	6	2
Irrenanstalten	IV	5	2
Islam. Baukunst des Islam	II	3	2
Isolier-Hospitäler (Absond.-Häuser)	IV	5	1
Justizpaläste	IV	7	1
Kadettenhäuser	IV	7	2
Kaffeehäuser	IV	4	1
Kasernen	IV	7	2
Kaufhäuser	IV	2	2
Kegelbahnen	IV	4	2

Zu beziehen durch die meisten Buchhandlungen.

HANDBUCH DER ARCHITEKTUR.

	Teil	Band	Heft
Keramik in der Baukunst	I	4	
Keramische Erzeugnisse	I	1	1
Kinderbewahranstalten	IV	5	2
Kinderhorte	IV	5	2
Kinderkrankenhäuser	IV	5	1
Kioske	IV	4	2
Kirchen	IV	8	1
Kirchenbau, romanischer u. gotischer	II	4	3
Kleinkinderschulen	IV	6	1
Kliniken, medizinische	IV	6	2,b
Klubhäuser	IV	4	2
Kocheinrichtungen	III	5	1
Komposition, architektonische	IV	1	
Konstruktionselemente	III	1	
Konstruktionsmaterialien	I	1	1
Konversationshäuser	IV	4	2
Konzerthäuser	IV	6	3
Kostenanschläge	I	5	
Krankenhäuser	IV	5	1
Kreisbehörden	IV	7	1
Kriegsbaukunst, romanische und got.	II	4	1
Kriegsschulen	IV	7	2
Krippen	IV	5	2
Küchenausgüsse	III	5	2
Kühlanlagen	III	6	
Kunstakademien	IV	6	3
Kunstgewerbeschulen	IV	6	3
Künstlerateliers	IV	6	3
Kunstschulen	IV	6	3
Kunstvereinsgebäude	IV	4	2
Kupfer als Baustoff	I	1	1
Kurhäuser	IV	4	2
Laboratorien	IV	6	2
Landhäuser	IV	2	1
Landwirtschaft. Gebäude für die Zwecke der Landwirtschaft	IV	3	1
Laufstege der Dächer	III	2	5
Lebensmittel-Versorgung. Gebäude für Lebensmittel-Versorgung	IV	3	2
Leichenhäuser	IV	5 8	1 3
Leichenschauhäuser	IV	7	1
Leichenverbrennungshäuser	IV	8	3
Logen (Freimaurer)	IV	4	2
Lüftung der Räume	III	4	
Lungenheilstätten	IV	5	2
Luxuspferdeställe	IV	3	1
Mädchenschulen, höhere	IV	6	1
Märkte für Getreide, Lebensmittel, Pferde und Hornvieh	IV	3	2
Markthallen	IV	3	2
Marställe	IV	3	1
Maschinenlaboratorien	IV	6	2,b
Materialien des Ausbaues	I	1	1
Material-Prüfungsanstalten	IV	6	2,b
Mauern	III	2	1
Mechanisch-technische Laboratorien	IV	6	2
Medizin. Lehranstalt. d. Universität	IV	6	2
Messpaläste	IV	2	2
Metalle als Materialien des Ausbaues	I	1	1
Metalldächer	III	2	5
Militärbauten	IV	7	2
Militärhospitäler	IV	5	1
Ministerialgebäude	IV	7	1
Mittelalterliche Baukunst	II	3/4	
Mörtel als Konstruktionsmaterial	I	1	1
Museen	IV	6	4
Musikzelte	IV	4	2
Naturwissenschaftliche Institute	IV	6	2,a
Oberlicht	III	3	1
Observatorien	IV	6	2,b
Ornament. Formenlehre des Ornaments	I	3	
Ortsbehörden	IV	7	1
Paläste	IV	2	1
Panoramen	IV	4	2
Parlamentshäuser	IV	7	2
Passagen	IV	2	2
Pavillons	IV	10	
Pensionate	IV	6	1
Pergolen	IV	10	
Perrons	III	6	
Pferdeställe	IV	3	1
Pflanzenhäuser	IV	6	4
"	IV	9	
Pflegeanstalten	IV	5	2
Physikalische Institute	IV	6	2,a
Pissoirs	III	5	2
"	IV	9	
Postgebäude	IV	2	3
Proportionen in der Architektur	IV	1	
Provinzbehörden	IV	7	1
Quellenhäuser	IV	4	2
Rampen, äussere	III	6	
Rampen, innere	IV	3	2
Rathäuser	IV	7	1
Raum-Architektur	IV	1	
Raumbegrenzende Konstruktionen	III	2	
Raumbildung	IV	1	
Rechtspflege. Gebäude f. Rechtspflege	IV	7	1
Reinigung der Gebäude	III	5	2
Reitbahnen	IV	4	2
Reithäuser	IV	7	2
Renaissance. Baukunst der	II	5/7	
Renaissance in Italien	II	5	
Renaissance in Frankreich	II	6	
Renaissance in Deutschland, Holland, Belgien und Dänemark	II	7	
Rennbahnen	IV	4	2
Restaurants	IV	4	1
Rollschlittschuhbahnen	IV	4	2
Romanische Baukunst	II	4	
Römer. Baukunst der Römer	II	2	
Ruheplätze	IV	10	
Saalanlagen	IV	1	
Saalbauten	IV	6	3
Sammlungen	IV	6	4
Sanatorien	IV	5	2

Jeder Band, bezw. jedes Heft bildet ein Ganzes für sich und ist einzeln käuflich.

	Teil	Band	Heft
Schankstätten	IV	4	1
Schaufenstereinrichtungen	IV	2	2
Scheunen	IV	3	1
Schieferdächer	III	2	5
Schiesshäuser	IV	7	2
Schiessstätten	IV	4	2
Schlachthöfe	IV	3	2
Schlafhäuser	IV	4	1
Schlösser	IV	2	1
Schneefänge der Dächer	III	2	5
Schulbaracken	IV	6	1
Schulbauwesen	IV	6	1
Schulen	IV	6	1
Schützenhäuser	IV	4	2
Schwachsinnige, Gebäude für	IV	5	2
Schwimmanstalten	IV	5	3
Seitenlicht	III	3	1
Seminare	IV	6	1
Sicherungen gegen Einbruch, Feuer, Blitzschlag, Bodensenkungen und Erderschütterungen	III	6	
Siechenhäuser	IV	5	2
Sonnenlicht. Versorgung der Gebäude mit Sonnenlicht	III	3	1
Sonnenwärme. Versorgung der Gebäude mit Sonnenwärme	III	4	
Sparkassengebäude	IV	2	2
Speiseanstalten für Arbeiter	IV	4	1
Speisewirtschaften	IV	4	1
Sprachrohre	III	3	2
Spüleinrichtungen	III	5	2
Stadthäuser	IV	7	1
Städtebau	IV	9	
Ställe	IV	3	1
Ständehäuser	IV	7	2
Statik der Hochbaukonstruktionen	I	1	2
Stein als Konstruktionsmaterial	I	1	1
Sternwarten	IV	6	2,b
Stibadien	IV	10	
Strafanstalten	IV	7	1
Stützen. Statik der Stützen	I	1	2
Stützmauern	III	6	
Synagogen	IV	8	1
Taubstummenanstalten	IV	5	2
Technische Fachschulen	IV	6	1
Technische Hochschulen	IV	6	2,a
Technische Laboratorien	IV	6	2,b
Telegraphen. Haus- und Zimmertelegraphen	III	3	2
Telegraphengebäude	IV	2	3
Tempel. Griechischer Tempel	II	1	
„ Römischer Tempel	II	2	
Terrassen	III	6	
„	IV	10	
Theater	IV	6	5
Thonerzeugnisse als Konstruktionsmaterialien	I	1	1
Thorwege	IV	1	
Thür- und Fensteröffnungen	III	2	1
Thüren und Thore	III	3	1
Tierhäuser	IV	3	1
Träger. Statik der Träger	I	1	2
Treppen	III	3	2
Treppen-Anlagen	IV	1	
Trinkhallen	IV	4	2
Turmkreuze	III	2	5
Turnanstalten	IV	6	1
Universitäten	IV	6	2
Veranden	IV	4	2
Veranschlagung	I	5	
Verdingung der Bauarbeiten	I	5	
Vereine. Gebäude für Vereinszwecke	IV	4	
Vereinshäuser	IV	4	2
Vergnügungsstätten, öffentliche	IV	4	1
Verkehr. Anlagen zur Vermittlung des Verkehrs in den Gebäuden	III	3	2
Gebäude für Zwecke des Verkehrs	IV	2	2
Verkehrswesen	IV	7	1
Versicherungswesen	IV	7	1
Versorgungshäuser	IV	5	2
Verwaltung. Gebäude für Verwaltung	IV	7	1
Vestibül-Anlagen	IV	1	
Viehmärkte	IV	3	2
Villen	IV	2	1
Volksbelustigungsgärten	IV	4	1
Volkskaffeehäuser	IV	4	1
Volksküchen	IV	4	1
Volksschulen	IV	6	1
Vordächer	III	6	
Vorhallen	IV	1	
Vorräume	IV	1	
Wachgebäude	IV	7	2
Wagenremisen	IV	3	1
Waisenhäuser	IV	5	2
Wandelbahnen und Kolonnaden	IV	4	2
Wände und Wandöffnungen	III	2	1
Wandflächen, Ausbildung der	III	3	3
Wandverschlüsse, bewegliche	III	3	1
Warenhäuser	IV	2	2
Wärmeinrichtungen	III	5	1
Wärmstuben	IV	5	2
Waschanstalten	IV	5	4
Wascheinrichtungen	III	5	2
Waschtischeinrichtungen	III	5	2
Wasserkünste	IV	10	
Wasserversorgung der Gebäude	III	4	
Windfahnen	III	2	5
Wirtschaften	IV	4	1
Wohlfahrtsanstalten	IV	5	
Wohnbau, romanischer und gotischer	II	4	2
Wohnhäuser	IV	2	1
Zenithlicht	III	3	1
Ziegeldächer	III	2	5
Zink als Baustoff	I	1	1
Zirkusgebäude	IV	6	6
Zufluchtshäuser	IV	5	2
Zwangs-Arbeitshäuser	IV	7	1

ALFRED KRÖNER VERLAG IN LEIPZIG.

Druck der Union Deutsche Verlagsgesellschaft in Stuttgart.


UNIVERSITY OF MICHIGAN
3 9015 06846 7359

